



Fakultet for anvendt økologi, landbruksfag og bioteknologi, avdeling Evenstad

Maren Lomsdal

## Bacheloroppgave

# Variasjon i høstskudd og toppskader hos gran (*Picea abies*): påvirkning av vekstforhold og genetikk

Variation in lamm shoots and stem defects in spruce (*Picea abies*): the influence of  
growing conditions and genetics

Bachelor i skogbruk

Våren 2018

Samtykker til tilgjengeliggjøring i digitalt arkiv Brage

JA ☒ NEI ☐

## Sammendrag

På sensommeren starter gran (*Picea abies*) sin forberedelsene til kaldere perioder ved å danne knopper som skal skyte neste vår. Da avsluttes strekningsveksten. Noen ganger bryter knoppene samme høst, og det dannes høstskudd. Det gjør treet mer frostutsatt og øker sannsynligheten for skader på toppskuddet. Forekomsten av høstskudd varierer. I dette feltforsøket ble bonitet og klima sett på som mulige påvirkningsfaktorer på høstskudd. Det ble også sett på sammenhengen mellom høstskudd og toppskader mellom familier, og om det er mulig å predikere om et tre får toppskader basert på graden av høstskudd året før.

Det var sammenhenger mellom høstskudd og toppskader, og mellom prediksjoner for toppskader og toppskader. Et tre som etablerer høstskudd har økt sannsynlighet for å få toppskader neste år. Andelen høstskudd og andelen toppskader øker med økende bonitet på de høyere bonitetene. I 2016 ble den dannet høstskudd på en høyere andel trær enn i 2017. Dette kan henge sammen med at middeltemperaturen var høyere i 2016. Resultatene i dette forsøket indikerer at høstskudd og toppskudd forekommer hyppigere etter varme somre. Sammen med den tette sammenhengen mellom bonitet og høstskudd, vil dette kunne føre til økt fare for virkesfeil i framtidens sagtømmer. Plantasjefrø og bestandsfrø hadde like stor grad av høstskudd. Frøplantasjer med et nordlig bruksområde og provenienser fra høyereliggende høydelag hadde en noe lavere grad av høstskudd enn frøene fra bestandskontrollen. Den seintskyttende kontrollen i forsøket ga en noe høyere grad av høstskudd enn bestandsfrøkontrollen.

For å redusere forekomsten av høstskudd og toppskader vil det være ønskelig å gjøre utvalg basert på egenskapene til familiene som danner lavest andel høstskudd og toppskader ved foredling. Dette kan gi en gunstig effekt på forekomsten av høstskudd, selv om man ikke enda er klar over alle faktorer som påvirker denne forekomsten. Det vil kreve mer forskning på høstskudd og skader for å kunne utnytte denne kunnskapen fullt ut gjennom foredling.

## Abstract

Spruce (*Picea abies*) starts the preparation for cold periods late in summer by creating buds after growth cessation that should develop next spring. Sometimes, the buds flush later in fall. The extra length on the leading shoot is called lammas shoot. Lammas shoots makes the bud frost-prone and increases the probability for stem defects. The occurrence of lammas shoots vary. Site quality and climate were tested as possible influencing factors on lammas shoots in this study. The correlation between lammas shoots and stem defects were studied between families. The correlation between predictions for stem defects and stem defects was also studied, based on the grading of last year's lammas shoots.

This study demonstrates correlations between lammas shoots and stem defects, also as correlations between predictions for stem defects and stem defects. It is more likely for a tree to develop stem defects with former lammas shoots. The amount of lammas shoots and stem defects only gets bigger with higher site quality in high site qualities. Based on the results in this study that shows a greater amount of lammas shoots and stem defects after hot summers, and the close relation between site quality and lammas shoots, there can be a connection against warmer climate and an increase in forking defects in sawmill logs in the future. Seeds from plantations and from stands had no difference in degree of lammas shoots. Seed orchards with area of utilisation in north and provenances at a higher altitude had a slightly lower grading of lammas shoots than the seeds from the local stands. The control with seeds with a late bud had a slightly higher grading than the other families.

This assessment can be used reduce the occurrence of lammas shoots and stem defects, by tree breeding to produce quality with lower frequency of lammas shoot and stem defects. This might have a positive effect on the occurrence of lammas shoots, even if we are not aware of all the factors that influence on the development of lammas shoots yet. More research around lammas shoots and stem defects is required to give a better stand in tree breeding.

## Forord

Denne bacheloroppgaven avslutter mitt studieløp på skogbruk ved Høgskolen i Innlandet, avdeling Evenstad. Oppgaven er utført på bakgrunn av data fra et pågående avkomforsøk på fire av Skogfrøverkets forsøksfelt i Buskerud, Oppland og Telemark. Jeg er veldig takknemlig for at jeg fikk muligheten til å bidra på et spennende og dagsaktuelt prosjekt som dette. Veien gjennom relevant og irrelevant litteratur har vært lang og krevende, men jeg har lært mye om denne delen av skogbruket og om egne evner og kunnskap. Selv om denne oppgaven ikke umiddelbart løser problemet med høstskudd, kan den styrke tidligere og framtidige resultater fra andre forsøk innen fagfeltet. Resultatene fra denne oppgaven kan også gi et sikrere svar for skogeier ved valg av plantemateriale ved etablering av nye bestand.

Jeg vil rette en takk til Ragnar Johnskås, ansvarlig for planteforedling sør ved Skogfrøverket, for veiledning, innskriving av felldata og for at jeg fikk delta på dette prosjektet. Jeg vil takke Magnar Ole Hesjadalen ved Høgskolen i Innlandet for veiledning, konstruktiv kritikk og diskusjoner rundt oppgaven. Jeg vil også takke Arne Steffenrem, forsker ved Skogfrøverket og NIBIO, for veiledning, hjelp med analyser og konstruktiv kritikk gjennom arbeidet med oppgaven. En takk rettes også til Harald Kvaalen ved NIBIO for hjelp med bonitering av ung skog. Jostein Mamen, forsker ved Meteorologisk institutt, gis også en takk for bearbeiding av temperaturdata for forsøksfeltene. Ikke minst vil jeg takke kjæreste, medstudenter og familie som har bidratt med både faglig og psykisk støtte i arbeidsprosessen.

Evenstad, 26. april 2018

---

Maren Lomsdal

# Innhold

|   |    |
|---|----|
| 1. Innledning.....  | 6  |
| 2. Materiale og metode.....                               | 13 |
| 2.1 Studiemråde og beskrivelse av forsøk.....             | 13 |
| 2.2 Datainnsamling.....                                   | 14 |
| 2.4 Dataanalyse .....                                     | 15 |
| 3. Resultat.....  | 19 |
| 3.1 Variasjon i bonitet og klima .....                    | 19 |
| 3.1.1 Variasjon i bonitet .....                           | 19 |
| 3.1.2 Variasjon i klima .....                             | 19 |
| 3.2 Sannsynlighet på enkelttrenivå.....                   | 20 |
| 3.3 Genetisk variasjon .....                              | 20 |
| 4. Diskusjon.....   | 26 |
| 4.1 Variasjon i vekstforhold og klimatisk variasjon ..... | 26 |
| 4.1.1 Variasjon i klima .....                             | 26 |
| 4.1.2 Variasjon i bonitet .....                           | 27 |
| 4.2 Sannsynlighet på enkelttrenivå.....                   | 29 |
| 4.3 Genetisk variasjon .....                              | 32 |
| 4.5 Feilkilder .....                                      | 34 |
| 5. Konklusjon .....                                       | 35 |
| 6. Referanser.....  | 36 |
| 7. Vedlegg .....  | 39 |
| Vedlegg 1. Ortofoto over forsøksfeltene .....             | 39 |
| Vedlegg 2. Sortsliste .....                               | 40 |

## 1. Innledning

Vanlig gran (*Picea abies*) er et bartre som kan bli opptil 50 meter høyt og 400 år gammelt. Grana er nakenfrøet og har nåler som er grønne hele året. Greinene som utvikles sitter etasjevis i kranser på treet. Lengden på disse er avhengig av årstilveksten. Grana prioriterer høydetilvekst. Treet vokser og utvikler seg med en tydelig hovedakse som kalles toppskudd eller endeknopp. Det dannes sideskudd hvert år som vokser som grener utover fra endeknoppen. Næringen i treet blir overført til det ledende skuddet for å sikre høydetilvekst. Treets diametertilvekst har en sekundær rolle. Denne satsingen på ett toppskudd kalles apikal dominans. I motsetning til trær har ikke busker denne egenskapen. Der utvikles flere sideknopper like sterkt, og trekronen får en mer avrundet form (Aarnes, 2014).

Grana begynner sin forberedelse til kaldere perioder og kortere daglengde på høsten og vinteren ved å danne endeknopper midtsommers. Da avsluttes strekningsveksten. Noen ganger kan treet utvikle høstskudd ved at knoppene som ble dannet etter vekstavslutningen midt på sommeren, fortsetter veksten utover sommeren og tidlig høst (Søgaard et al., 2010). Høstskudd er proleptiske skudd, det vil si knopper som utvikler seg før de egentlig skulle (Hårbøl, Schack & Spang-Hanssen, 1999). Slike nye skudd som kan komme på sensommeren er mer frostsatt og gjør treet mindre hardfør fram mot vinteren. Dette kan øke risikoen for frostskafer på endeknoppen sen høst og tidlig vår (Søgaard et al., 2010).

Opp gjennom historien har været og klimaet i Norge endret seg. Fra ca. 1900 har man fått tak i gode nok data, slik at det kan utarbeides statistikk over vær- og klimanormaler. De siste 100 år har det blitt varmere i Norge. Fram til 1985 lå temperaturen relativt nær normalen, og senere har det blitt jevnt varmere, med en tendens til fortsatt oppvarming. På 1930-tallet var det en varmeperiode, men så falt temperaturen ned mot normalen igjen (Meteorologisk institutt, 2017). Klimaendringene kan føre til et endret skadebilde i skogen. Hvis de største potensielle temperaturøkningene settes som forutsetning, kan det ha merkbare endringer på dynamikken og utviklingen i skogen. I Norge vil klimaendringene mest sannsynlig føre til økt vekst i skogen, men i slutten av århundret kan det oppstå utfordringer i forbindelse med tørke (Søgaard et al., 2017).

Endringer i klima vil ha ulike virkninger for artene i norsk natur. Det vil i første omgang føre til en økt produksjonsevne for voksestedet og en endring i granas utbredelse i tregrenseøkotonen. Det er gjort beregninger på høydetilvekst på gran som viser at produksjonsevnen har økt vesentlig de siste 80 årene. Noen steder kan derimot produksjonsevnen gå ned. Dette kan være på grunn av økte tørkeproblemer. Tørkestresset skog kan indirekte føre til større skader i form av rotråte og granbarkbille (*Ips typographus*). Økt temperatur på vinteren, våren og tidlig om sommeren kan resultere i økt fare for frostskafer. Dette kan gjøre at herdigheten til plantene vil reduseres, og knoppsprett og vekststart skjer for tidlig. Dette vil kunne føre til økt forekomst av høstskudd, dobbeltopp og gankvist (Solberg, Skrøppa & Finne, 2013). Stammesprekk, gankvist, krok og dobbeltopp er skader som i stor grad kan relateres til dårlig klimatilpasning (Granhus & Øyen, 2009).

Høstskudd er knyttet til en økning i høydetilveksten hos gran. Trær med tidligere knoppskyting og bedre vekst hadde en høyere forekomst av høstskudd. Høstskudd kan redusere innvirkningen av frostskafer på lengden av høydetilveksten. En økt forekomst av høstskudd på grunn av klimaendringer vil øke høydetilveksten på gran (Neimane, Zadina, Sisenis, Dzerina & Pobiarzens, 2015). Økt høydetilvekst på gran kan være en positiv egenskap dersom det ikke går ut over stammens kvalitet ved frostskafer på grunn av at endeknoppen ikke innvintrer ved riktig temperatur.

Når skogen skal plantes kan skogeier velge om det skal brukes lokalt bestandsfrø eller foredlet frø. Noen av fordelene med å bruke foredlet plantemateriale er raskere etablering, bedre vekst, høyere volumproduksjon, kortere omløpstid og bedre kvalitet enn bestandsfrø. Proveniensen beskriver hvor frøet kommer fra, både for bestandsfrø og frøplantasjefrø. For bestandsfrø beskrives sankeområde og høydelag, og for plantasjefrø beskrives frøplantasjens navn (Skogfrøverket, 2018). Plantenes vekstrytme varierer mellom proveniensene, familier og bestand. Tidspunktet for vekststart kan ha en differanse mellom proveniensene på 15 dager. Granplanter fra nord og fra høyereliggende bestand skyter tidlig og avslutter veksten tidlig, mens granplanter fra sørligere og lavereliggende områder skyter sent og avslutter veksten senere. Temperaturen på sensommeren kan virke inn på plantenes herdighet og vekststart neste år (Skrøppa, s.a.). Dannelsen av høstskudd er arvelig, og valg av plantemateriale vil

kunne ha en stor betydning for forekomsten av høstskudd. Ved bruk av lokal proveniens bør man derfor ikke se betydelige genetiske forskjeller i høstskuddforekomst mellom naturlig forynget og plantet skog (Kvaalen et al., 2010). I lokalt plantemateriale for gran plantet i Øst-Europa var det sterke sammenhenger mellom vekstrytmeegenskapene (vekststart og vekstavslutning) og frostskaider, høstskudd og høyde (Skrøppa & Steffenrem, 2015). Provenienser fra Øst-Europa så ut til å den beste forutsetningen for lav skadeandel, lite høstskudd og liten variasjon i vekst. Flytting av plantemateriale må baseres på kunnskap om materialer og plantelokalitet. Plantemateriale som er stabilt ved ulike miljøforhold er viktig. Det kan være en utfordring å velge rett plantemateriale for dagens forhold, samtidig som at stabiliteten skal vare ut omløpstiden.

Det kan være en sammenheng mellom høstskudd og vekststart og vekstavslutning ifølge Skrøppa & Steffenrem (2017). Trær som skyter høstskudd vil ha en vesentlig større risiko for frostskaider på høsten på grunn av forsinket innvintring. Endeknoppen som dannes etter at høstskuddet innvintret vil dannes under lavere temperatur enn ved normal vekstavslutning. Tidligere forsøk har vist at knopper som dannes ved lavere temperaturer har en tendens til å starte veksten tidligere neste vår enn knopper dannet ved normal temperatur ved vekstavslutning. Høstskuddet vil dermed være mer utsatt for både høst- og vårfrost (Kvaalen et al., 2010). I et høstskuddforsøk gjort rundt Oslofjorden (Østfold, Telemark, Buskerud og Vestfold) ble det funnet en frekvens av flere toppler på 40 % av trærne som hadde høstskudd i 2007 og 2008. For trærne som ikke hadde høstskudd i 2007 og 2008 ble det funnet en frekvens på 10 % flere toppler (Kvaalen et al., 2010). Det viser at høstskudd kan være genetisk betinget, og at trær som har dannet høstskudd et år har stor sannsynlighet for å danne høstskudd neste år.

Høstskudd på gran kan føre til feil og skader på stammen. Med dette menes toppskader som gankvist, dobbeltopp og krok. Toppskader gir redusert virkeskvalitet, som kan føre til lavere lønnsomhet. Skrøppa og Steffenrem (2017) undersøkte registreringer av høstskudd og toppskader i genetiske forsøk med ulike provenienser, familier og kloner av gran. Det var stor forskjell i forekomsten av høstskudd mellom de ulike forsøkslokalitetene, og det skyltes sannsynligvis variasjonen i vekstforhold. Med vekstforhold menes blant andre bonitet og



tilgang på fuktighet. Den genetiske variasjonen i høstskuddforekomst var stor mellom både provenienser, familier og kloner. Det kan også være sammenhenger mellom høstskudd og tidspunkt for vekststart og vekstavslutning. Det kan være klare sammenhenger mellom frekvenser av høstskudd og toppskader på gran. Resultatene fra avkomtestingen i foredlingsprogrammet kan gjøre det mulig å produsere et mer robust plantemateriale med en lavere forekomst av høstskudd (Skrøppa & Steffenrem, 2017).

Under prosjektet «Stammekvalitet i unge bestand» ble det kartlagt forekomsten av toppskader i unge granbestand i Hedmark. Dannelsen av høstskudd er sammensatt av ulike årsaker. Det ble registrert ulike faktorer som kan påvirke dannelsen av høstskudd, men det ble kun funnet en signifikant forskjell i høstskuddforekomst mellom boniteter (NIBIO, Glommen Skog & Skogfrøverket, 2016). På et av feltene i Elverum ble det foretatt en verdivurdering. Virkesfeil over stubbeavskjær som ble vurdert til å påvirke sagtømmerkvaliteten ble registrert på trær med mer enn 10 cm i brysthøydiameter. Skadene som ble registrert var gankvist, føyre, dobbeltopp, toppbrekk, langkrok, sleng og annen virkesfeil. 76 % av trærne i bestandet hadde en virkesfeil, men type skade, omfanget og plasseringen av skaden er avgjørende for om skaden vil ha noen videre betydning på virkeskvaliteten (NIBIO, Glommen Skog & Skogfrøverket, 2016). Med bakgrunn i kunnskap om andel høstskudd og toppskader ble det gjort undersøkelser for å se om det var mulig å bruke tilpasset ungsogpleie for å påvirke andelen trær med høstskudd i unge granbestand. Resultatet fra denne undersøkelsen var at det i liten grad er mulig å påvirke andelen trær med høstskudd med tilpasset ungsogpleie. Et annet tiltak som ble prøvd ut på et bestand av en person var klipping av høstskudd, noe som ga en kostnad på 350 kroner per dekar. Dette var et relativt dyrt tiltak, på lik linje med kostnaden for ungsogpleie (NIBIO, Glommen Skog & Skogfrøverket, 2016).

På 1960-tallet ble det registrert høstskudd i avkom- og proveniensforsøk. Tidligere så det ut som om høstskuddproblematikken kun var tilknyttet skog i lavlandet med høy bonitet. På plantefelt på næringsrik mark, for eksempel tidligere dyrket mark, var problemet utbredt. I ettertid kan det se ut som om forekomsten av høstskudd er økende både i omfang og utbredelse (Søgaard et al., 2010). På to forsøksfelt i Ringsaker i Hedmark ble det påvist skader på mellom en tredjedel og halvparten av trærne i forsøket, i hovedsak gankvist og

krok. Feltene er anlagt med gran på høy bonitet og er fulgt opp siden tidlig på 1960-tallet. Trærne var 40-45 år gamle ved registreringen, ca. 15 år før forventet sluttavvirkning (Granhus & Øyen, 2009). Skadene utgjør en høy andel av trærne på feltene, og kan føre til en verdireduksjon av tømmeret ved hogst. Hvis disse skadene skyldes høstskudd i ung alder, kan treet også ha skader som kan ha vokst inn i stokken. Hvor stor sannsynligheten er for at disse skadene skyldes tidligere høstskudd kan diskuteres. Høstskudd på gran har i lang tid vært et problem på skog i lavlandet på god bonitet (Søgaard et al., 2010). Derfor vil det være relevant å trekke linjer til høstskuddproblematikken når man ser på skader som gankvist og krok på eldre skog på god bonitet i lavlandet.

Virkesskader som gankvist og dobbeltopp er kvalitetsreducerende skader som også reduserer verdien på tømmeret ved tømmeroppgjør. Når tømmeret hogges i skogen tilpasser hogstmaskinføreren apteringen til en best mulig verdiutnyttelse av trestammen for skogeier. Dette gjør føreren også ved en tydelig virkesskade, men verdiutnyttelsen vil bli lavere. Selv om en stokk klarer dimensjonskravet til sagtømmer kan den bli massevirke, på grunn av en gankvist eller krok. I tillegg vil deler av stammen som har virkesfeil bli kappet bort og bli til massevirke, sammen med sagtømmerkvaliteter på begge sider av feilen (Norsk Virkesmåling, 2015a). Virkesfeilen vil utgjøre en svakhet i eventuelle materialer som blir laget av stokken. Hvis stokken er aptert som sagtømmer, og har en virkesfeil, vil den bli degradert til utlegg når den måles inn på sagbruket. Tømmerstokker blir innmålt som utlegg når de ikke holder kravene til sagtømmer etter tillatt avdrag, men holder avtalte dimensjonskrav for utlegg. Stokker som ikke holder kravene for utlegg blir vraket, og volumet registreres (Norsk Virkesmåling, 2015b). Utlegg i sagtømmeret prises om lag 50 kr per kubikk lavere enn massevirkeprisen. Skogeier får ikke betalt for vrak (Norsk Treteknisk Institutt, s.a.).

Ytre kvalitet på et tre bestemmes i hovedsak av lengde- og dimensjonskrav, og det er dette som i de aller fleste tilfeller bestemmer tømmerverdien. Men også kvalitetsfeil som kvist, tennar, krok, føyre, sprekke og råte, vil påvirke verdien ved betydelig forekomst (Norsk Virkesmåling, 2015b). Den indre kvaliteten vil også følge tømmerstokken gjennom hele omløpet, men den er ikke alltid like lett å se. Med dagens kommersielle teknologi blir indre skader først oppdaget når man skjærer i tømmerstokken. For eksempel vil en gankvist tidlig i

skogomløpet etter hvert vokse inn i stokken, og forbli inni rotstokken på eldre trær. Denne skaden er vanskelig å oppdage før stokken kommer inn på sagbruket. Rotstokken er den nederste delen av stammen, og en del av denne ble dannet da treet var ungt. Konsekvensen av en ytre feil er en reduksjon i tømmerpris på grunn av nedklassifisering til dårligere betalt sortiment for skogeier ved hogst, eller eventuelt en nedklassifisering fra sagtømmer til utlegg eller vrak på sagbruket. En feil inni stokken vil i de fleste tilfeller ikke bli oppdaget før tømmerstokken havner på sagbenken på sagbruket. En vraking av materialer som ikke klarer kvalitetskravene vil på dette stadiet i produksjonsforløpet være kostbart for sagbruket, og det vil derfor være ønskelig å minimere denne andelen skader på sagtømmeret, da spesielt på rotstokken.

Skogfrøverket (Stiftelsen det norske Skogfrøverk) har ansvaret for skogplanteforedlingen, og deltar i forskningen på høstskudd. Skogfrøverket har ansvaret for rundt 100 avkomforsøksfelt på Østlandet. I de fleste forsøkene undersøker man avlstrænes vekst- og kvalitetsegenskaper, og bruker forsøksresultatet til å velge ut de beste individene til nye frøplantasjer.

Formålet med denne oppgaven var å finne ut om forekomsten av høstskudd varierer fra år til år, og om forekomsten av høstskudd varierer med bonitetsvariasjonen innen og mellom forsøksfelt. Jeg ville også undersøke i hvilken grad forekomst av toppskader hos familier henger sammen med høstskudd. I tillegg ville jeg undersøke om det er mulig å forutse om en familie får toppskader et år basert på en skadevurdering foregående år. På bakgrunn av litteraturgjennomgangen i innledningen satte jeg opp tre problemstillinger med hypoteser som jeg ønsket å teste.

1. Varierer andelen av høstskudd mellom forsøksfelt og mellom 2016 og 2017? Varierer høstskuddandelen med bonitetsvariasjonen mellom gjentakene?
  - $H_0$ : Det er ingen forskjell i andelen av høstskudd mellom forsøksfelt og år.
  - $H_1$ : Det er en forskjell i andelen av høstskudd mellom forsøksfelt og år.
2. I hvilken grad henger forekomst av toppskader hos familier sammen med høstskudd?
  - $H_0$ : Det er ingen sammenheng mellom høstskudd og toppskader.
  - $H_1$ : Det er en sammenheng mellom høstskudd og toppskader.
3. Er prediksjoner for skader i 2016 riktig med hensyn på toppskader i 2017? Vil familier der det var forventet en høy andel toppskader i 2017 få toppskader i 2017, basert på forekomsten av høstskudd i 2016?
  - $H_0$ : Det er ingen sammenheng mellom prediksjonene for toppskader i 2016 og toppskader i 2017.
  - $H_1$ : Det er en sammenheng mellom prediksjonene for toppskader i 2016 og toppskader i 2017.

## 2. Materiale og metode

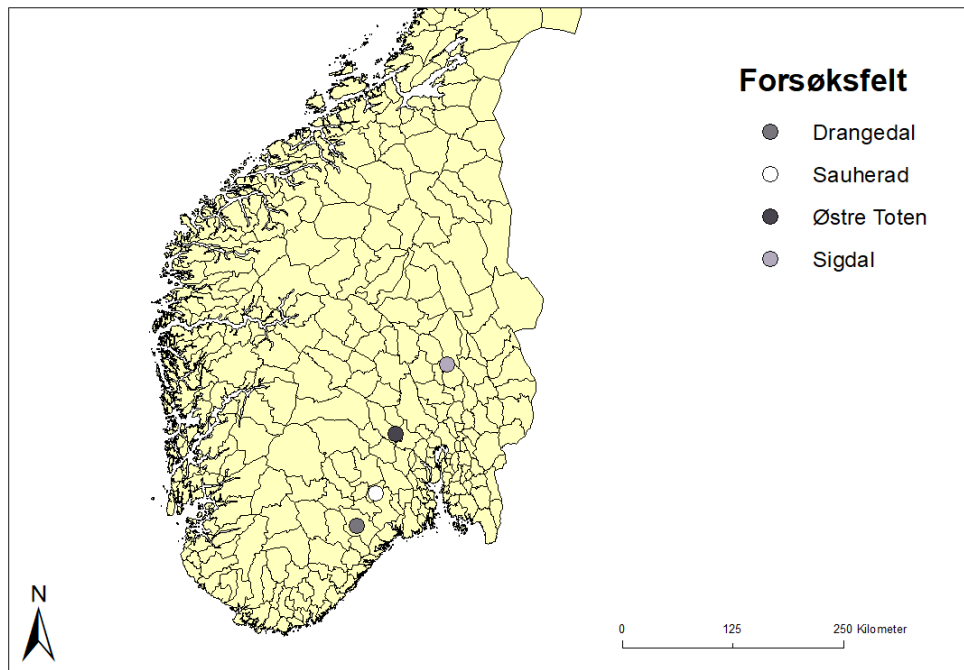
### 2.1 Studieområde og beskrivelse av forsøk

Skogfrøverket har ansvaret for mange forsøksfelt for avkomforsøk. Registreringene for dette forsøket ble utført på fire forsøksfelt i Buskerud, Telemark og Oppland. Feltene ligger i Sigdal i Buskerud, Drangedal og Sauherad i Telemark, og Østre Toten i Oppland (Figur 1). I Sigdal, Drangedal og Østre Toten består feltene av 1 bestand hver, mens i Sauherad er forsøksfeltet oppdelt i fire mindre bestand (Tabell 1, Vedlegg 1).

Tabell 1. Oversikt over forsøksfelt.

| Series_id | Site_no | Dep_no | Kommune     | Lokalitet | Beskrivelse | UTM32V | UTM32N  | HOH_Gps |
|-----------|---------|--------|-------------|-----------|-------------|--------|---------|---------|
| 200901    | 1       | 1      | Drangedal   | Sandvik   | Hjørne 1    | 497278 | 6550213 | 116     |
| 200901    | 2       | 1      | Sauherad    | Nordagutu | Start 1     | 518110 | 6586756 | 92      |
| 200901    | 2       | 2      | Sauherad    | Nordagutu | Start 2     | 518013 | 6586734 | 86      |
| 200901    | 2       | 3      | Sauherad    | Nordagutu | Start 3     | 518148 | 6586491 | 62      |
| 200901    | 2       | 4      | Sauherad    | Nordagutu | Start 4     | 518080 | 6586476 | 64      |
| 200901    | 3       | 1      | Østre Toten | Kapp      | Hjørne 1    | 599249 | 6732491 | 229     |
| 200901    | 4       | 1      | Sigdal      | (Kilen)   | Hjørne 1    | 540668 | 6654226 | 150     |

Forsøket har fått navnet “Avkomforsøk 200901”. Trærne i forsøksfeltene ble plantet i 2009. Frøene ble sanket i 2006. Hvert felt er delt inn i 30 blokker (gjentak). Det er plantet ut en plante av 72 ulike sorter i hver blokk på tilfeldig plassering i blokken. Forsøksdesignet var altså i utgangspunktet en randomisert komplett blokk-design. Det er imidlertid noe ubalanse i datasettet siden det ikke var mange nok planter av alle sorter til alle feltene, samt at det har vært avgang i form av dødelighet etter etablering. Det er plantet i et rutenett, og alle planteplassene har et nummer. 80 planteplasser i 30 blokker gir et planteantall på 2400 per felt. Feltene er på ca. 10 dekar, og planteavstanden er 2 meter. Alle granplantene som ble plantet på forsøksfeltene var 2 år gamle på plantetidspunktet.



Figur 1. Kart over Sør-Norge med punkter for forsøksfeltene (Esri, s.a.).

## 2.2 Datainnsamling

Registreringer i september 2016 ble gjort i regi av Skogfrøverket. Det ble registrert høyde, grad av høstskudd, antall toppskader siden 2013, og sannsynlighet for skade neste år som følger av høstskudd inneværende år. Registreringene ble ført inn og behandlet i Excel (Microsoft Office, 2016).

Tabell 2. Registreringer høsten 2016.

|  |   |  |
|--|---|--|
| <b>Høstskudd</b>                                       | 0 | Ingen høstskudd  |
| <b>Hs_2016_b</b>                                       | 1 | Høstskudd siste årsskudd, fra "knute" til 2 cm         |
| (bedømming av siste årsskudd)                          | 2 | Høstskudd siste årsskudd, fra 2 - 5 cm                 |
|  | 3 | Høstskudd siste årsskudd, fra 5 - 10 cm                |
|  | 4 | Høstskudd siste årsskudd, større enn 10 cm             |
| <b>Skade2017?*</b>                                     | 0 | Minimal sannsynlighet for skade etter høstskudd        |
|  | 1 | Sannsynlighet for skade mindre en 50 % etter høstskudd |
|  | 2 | Sannsynlighet for skade større en 50 % etter høstskudd |
|  | 3 | Svært stor sannsynlighet for skade etter høstskudd     |
| <b>Toppskader</b>                                      | N | Antall toppskader siden 2013                           |
| <b>Høyde</b>   |   | Total høyde i centimeter                               |
| * Bedømt sannsynlig skade i 2017 pga. høstskudd i 2016 |   |  |

Det ble også gjort registreringer i september 2017. Da ble det registrert gankvist og dobbeltopp med opphav fra øverste kvistkrans, antall toppskader siste vekstsesong, i tillegg til graden av årets høstskudd. Eventuelle skader forårsaket av andre grunner ble notert som «ukjent skade». Registreringene ble ført inn og behandlet i Excel (Microsoft Office, 2016).

**Tabell 3. Registreringer høsten 2017.**

|  |   |  |
|--|---|--|
| <b>Høstskudd</b>   | 0 | Ingen høstskudd                                |
| Hs_2017_b  | 1 | Høstskudd siste årsskudd, fra "knote" til 2 cm |
| (bedømming av  | 2 | Høstskudd siste årsskudd, fra 2 - 5 cm         |
| siste årsskudd)  | 3 | Høstskudd siste årsskudd, fra 5 - 10 cm        |
|  | 4 | Høstskudd siste årsskudd, større enn 10 cm     |
| <b>Skade 2017*</b>   | 0 | Ingen skade                                    |
| SG_HS_2017_b   | 1 | Liten gankvist                                 |
| **   | 2 | Markant gankvist                               |
|  | 3 | Dobbeltopp                                     |
| <b>Toppskader</b>  | N | Antall toppskader siste vekstsesong            |
| * Skade i 2017 pga. høstskudd i 2016.  |   |  |
| ** Gankvist og dobbeltopp med opphav fra øverste kvistkrans (der skuddstrekingen i 2017 startet fra) med alvorlighetsgrad. |   |  |

Det ble registrert mange «ukjente skader» på alle feltene. Disse utgjorde en så stor andel av totalantallet av trær at vi måtte registrere enkelttrærne med ukjent skade på nytt for å fastsette hvilken skadekategori de hørte til i. Dette gjorde vi også for å forbedre dataene vi samlet inn høsten 2017. Etterregistreringene ble utført fra uke 46 og fram til uke 49 i 2017.

## 2.4 Dataanalyse

For å undersøke om antall høstskudd har økt eller minnet fra vekstsesongen 2016 til 2017, og om antall høstskudd er likt eller ulikt på ulike steder, har jeg sett på høstskuddandelen begge år på de fire forsøksfeltene. Grad av høstskudd ble registrert i 2016 og 2017 og gradert i klassene 0-4 (Tabell 2 og 3). For analysen videre ble disse gjort om til 0 (ingen høstskudd) og 1 (høstskudd). Da fant jeg andelen høstskudd (%) i forhold til totalt antall trær innen felt, gjentak og familier. For å teste om det var variasjoner i høstskuddandelen mellom år og forsøksfelt brukte jeg en toveis variansanalyse (ANOVA) i statistikkprogrammet Rcmdr (R Development Core Team, 2016).

Forsøksfeltene hadde ikke blitt bonitert siden før de ble plantet, så dette måtte gjøres for å få oppdaterte tall for områdenes vekstforhold. Forsøksfeltene ble bonitert ved hjelp av Nord-Larsen sin høydemodell og funksjonen bak for å begrunne variasjonen mellom forsøksfelt (Nord-Larsen, Meilby & Skovsgaard, 2009). For å finne bonitetsverdien ble det også brukt en ligning i en artikkel av Cieszewski (2001). I utgangspunktet er bonitering av ung skog vanskelig, men hvis man vet trærnes totalalder, så kan man bruke denne funksjonen for å finne boniteten for forsøksfeltene. Inngangsverdiene for denne funksjonen var totalalder (alder fra frøet spirte) og gjennomsnittshøyde (overhøydetrær). I tillegg måtte det settes en referansealder. Denne ble satt til 40 år, på grunn av  $H_{40}$ -systemet for bonitering som brukes i Norge. Ved å finne gjennomsnittlig høyde for de 10 grøvste trærne per dekar, kan man finne høyden på trærne ved 40 års alder. Høydetallet man finner er boniteten, altså skogsmarkas produksjonsevne (Skog og landskap, s.a.).

For å finne ut om andelen høstskudd blir påvirket av boniteten i området, har jeg sett på om det er en sammenheng mellom høstskuddandelen i 2016 og boniteten per blokk basert på høydedata fra 2016. Jeg gjorde en korrelasjonstest (Pearsons correlation) for å se på graden av arvelig sammenheng mellom familienes egenskaper i Rcmdr (R Development Core Team, 2016).

For å finne ut om middeltemperaturen i 2016 og 2017 var ekstrem i forhold til middeltemperaturen de 30 siste årene, benyttet jeg temperaturdata fra Meteorologisk institutt for middeltemperatur de 30 siste år (1988-2017) for Drangedal (Tveitsund), Sauherad (Gvarv), Østre Toten (Apelsvoll) og Sigdal (Sigdal, Lyngdal i Numedal og Veggli). Ingen av forsøksfeltene har en målestasjon på nøyaktig den samme plassen, så de målestasjonene som jeg har hentet temperaturdata fra står i parentes bak forsøksfeltene. Det har vært noen stasjonsendringer de siste 30 årene, så dataene er ikke fullstendige. Det mangler noen temperaturdata for de første 6 årene for Østre Toten. I tillegg mangler det data fra 1988-1996 for Sauherad. Ellers er datasettet fullstendig. Datasettet har ikke gjennomgått noen kvalitetskontroll, så jeg tar forbehold om at de kan være feil. Jeg fant gjennomsnittet for middeltemperaturen i mai-september i Excel (Microsoft Office, 2016).



For å finne ut hvor stor grad toppskader som gankvist og dobbeltopp forekommer på grunn av høstskudd, har jeg sett på høstskuddandelen i 2016 og andelen toppskader i 2017. Jeg har undersøkt korrelasjonen mellom høstskuddandel 2016 og toppskader 2017 i Rcmdr (R Development Core Team, 2016). Jeg gjorde om høstskuddgrad (Tabell 2 og 3) til høstskuddandel. Det samme ble gjort med toppskadeandel. Det ble beregnet Least Squares Means (LS Means) av andelen av både høstskudd 2016 og toppskader 2017. LS Means er forskjellig fra det aritmetiske gjennomsnittet ved at det er modellert, og gir et bedre resultat i tilfeller hvor det er ubalanse i datasettet. Det vil si manglende data i datasettet, som for eksempel i dette forsøket, døde trær og tomme planteplasser som gjør at enkelte sorter mangler i enkelte gjentak. LS Means korrigerer disse feilene og gjør at gjennomsnittet blir nærmere virkeligheten. Ved å bruke Pearsons correlation i Rcmdr fant jeg korrelasjonen mellom høstskuddandel 2016 og toppskadeandel 2017. I tillegg beregnet jeg aritmetisk gjennomsnitt i Excel (Microsoft Office, 2016) for høstskuddandel i 2016 og toppskadeandel i 2017, og fant andelen av trærne med toppskade i 2017 som skyltes høstskudd i 2016.

For å finne ut om prediksjonene for høstskuddskader i 2016 stemmer med skaderegistreringene i 2017, har jeg sett på gjennomsnittet for prediksjoner i 2016 og toppskadeandelen i 2017. Toppskaderegistreringene ble gjort om til andel toppskader med LS Means som gjennomsnittsberegning. Jeg undersøkte korrelasjonen mellom prediksjonene i 2016 og toppskader i 2017. Dette gjorde jeg ved å utføre en korrelasjonstest (Pearsons correlation) mellom prediksjoner i 2016 og toppskadeandel i 2017 i Rcmdr (R Development Core Team, 2016). Når man gjør Pearsons korrelasjonstest i Rcmdr, får man en korrelasjonskoeffisient ( $r$ ) mellom 0 og 1 som skal tolkes. Hvis koeffisienten er under 0,3 kan den sannsynligvis ignoreres, hvis den er mellom 0,3 og 0,6 bør den diskuteres, og hvis den er over 0,6 forklarer den en viktig del av variasjonen i egenskapene til sortene (Arne Steffenrem, personlig kommunikasjon, 15. mars 2018).

Sortene i forsøket kommer fra ulike familier og provenienser (Vedlegg 2). Familiene i avkomforsøket kommer fra frø sanket fra kjente kloner (mødre) i frøplantasjene Kilen og Møystad etter fri bestøvning. Disse er halvsøskenfamilier siden far ikke er kjent. Kontrollene er provenienser fra frøplantasjene Kilen, Sanderud, Stange seintskyttende og Stange norske, i

tillegg til vanlig bestandsfrø fra Cv1, Cø1, Cv2 og Cv3. Dette er vanlig handelsfrø der bidrag fra foreldretrær er fullstendig ukjent og blandet. Handelsfrø fra plantasjene skal derfor representere et gjennomsnitt av alle familiene.

Jeg ville finne ut hvilke sorter som har den høyeste og laveste andelen av høstskudd og toppskader, og om de samme sortene hadde en høy andel av høstskudd og toppskader i både 2016 og 2017. For å finne ut dette så jeg på gjennomsnittlig høstskuddandel i 2016 og 2017, og gjennomsnittlig toppskadeandel for 2016 og 2017. Jeg undersøkte dette ved å gjøre en korrelasjonstest (Pearsons correlation) i Rcmdr (R Development Core Team, 2016). Tilsvarende gjorde jeg med gjennomsnittlig toppskadeandel i 2016 og 2017.

### 3. Resultat

#### 3.1 Variasjon i bonitet og klima

Forsøksfeltene i Drangedal og Sauherad hadde ingen forskjell i andelen av høstskudd mellom 2016 og 2017. Forsøksfeltene i Østre Toten og Sigdal hadde en signifikant forskjell i andelen av høstskudd mellom 2016 og 2017 ( $F_{1,13500} = 43,26$ ,  $p < 0,001$ ). Andelen av høstskudd var lavere i 2017 enn i 2016 (Figur 2). Gjennomsnittlig høstskuddandel varierte med forsøksfelt ( $F_{3,13500} = 488,66$ ,  $p < 0,001$ ). Drangedal har den laveste andelen av høstskudd, Østre Totens høstskuddandel ligger mellom Sauherad og Sigdal, og Drangedal. Sauherad og Sigdal har en høyere høstskuddandel enn de to andre forsøksfeltene (Figur 2). Gjennomsnittlig høstskuddandel varierte med interaksjonen mellom forsøksfelt og år ( $F_{3,13500} = 8,76$ ,  $p < 0,001$ ). Effekten av forsøksfelt på gjennomsnittlig høstskuddandel avhenger av år (Figur 2). Ved bonitering av de fire forsøksfeltene ved H<sub>40</sub>-systemet fant jeg at Sauherad hadde den høyeste boniteten (28,0), Sigdal hadde den nest høyeste (26,5), deretter var Østre Toten (25,5), og den laveste boniteten av de fire hadde Drangedal (25,1) (Tabell 4).

##### 3.1.1 Variasjon i bonitet

Det er en positiv korrelasjon ( $r = 0,69$ ) som er signifikant ( $p < 0,001$ ) mellom bonitet i de ulike blokkene i forsøksfeltene og høstskuddandelen i 2016 (Figur 7). Det er en signifikant ( $p < 0,001$ ) positiv korrelasjon ( $r = 0,57$ ) mellom bonitet i de ulike blokkene i forsøksfeltene og toppskadeandelen i 2017 (Figur 8).

##### 3.1.2 Variasjon i klima

I figur 10 har jeg sett på gjennomsnittlig middeltemperatur fra mai til september i 1988-2017 for de fire forsøksfeltene. Det kan se ut som om gjennomsnittlige middeltemperaturverdier for 2016 og 2017 med standardfeil ikke er forskjellig fra de andre årene.

### 3.2 Sannsynlighet på enkelttrenivå

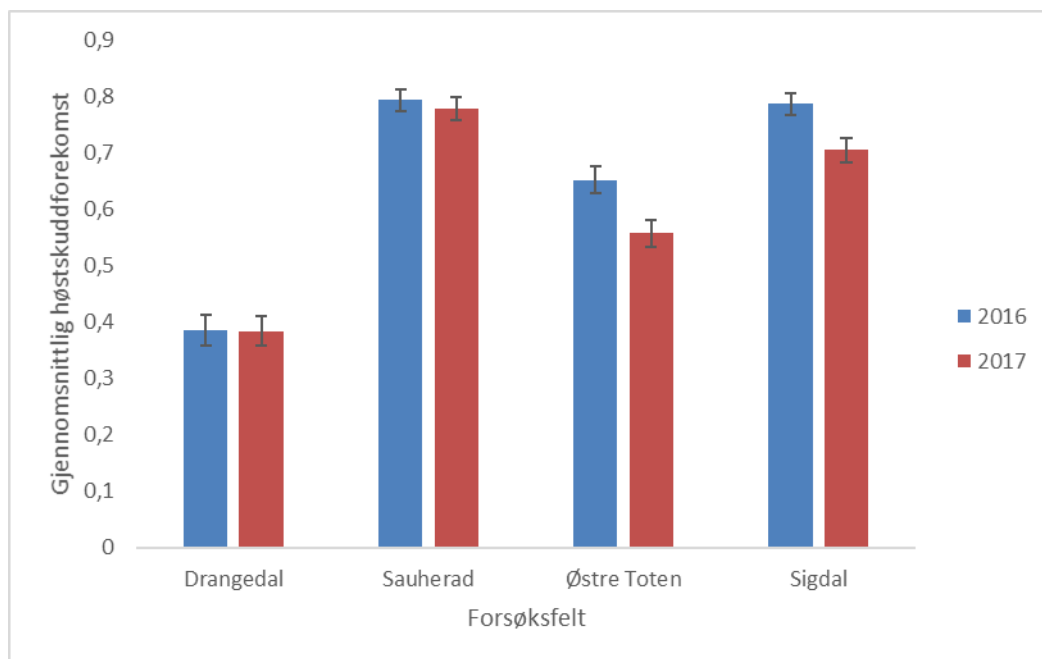
Det er en positiv signifikant ( $p < 0,001$ ) genetisk korrelasjon ( $r = 0,43$ ) mellom andelen høstskudd i 2016 og andelen toppskader i 2017 for familiene (Figur 3). Det er en positiv signifikant ( $p < 0,001$ ) genetisk korrelasjon ( $r = 0,57$ ) mellom prediksjoner for skader i 2016 og toppskadeandelen i 2017 for familiene. Det er altså en sammenheng mellom det som ble vurdert som fare for toppskade i 2016 og det som ble toppskader i 2017 (Figur 4).

67 % av trærne i forsøksfeltene hadde høstskudd i 2016. 48 % av trærne i 2017 hadde toppskader, og 85 % av disse hadde høstskudd i 2016. Kun 15 % av trærne som i 2017 hadde toppskader skyltes ikke høstskudd i 2016 (Tabell 5).

### 3.3 Genetisk variasjon

Det er en signifikant ( $p < 0,001$ ) positiv genetisk korrelasjon ( $r = 0,84$ ) mellom høstskuddgraden i 2016 og 2017 for familiene (Figur 5). Det er også en signifikant ( $p < 0,001$ ) genetisk positiv korrelasjon ( $r = 0,53$ ) mellom toppskadeforekomsten fram til 2016 og med nye toppskader i 2017 for familiene (Figur 6). Familier med mye toppskader fram til 2016 viste altså større sannsynlighet for å få nye toppskader fra 2016 til 2017.

De samme familiene eller en like stor andel av familiene hadde en høy grad av høstskudd i 2016 og 2017 (Figur 5). Cv1 ligger ganske likt i forhold til gjennomsnittet for familiene (Kilen). Kilen ligger relativt midt i «skyen» av familiene. Cv2 og Cø1 har en noe høyere høstskuddgrad enn Cv1 og Kilen. Cv3 og Sanderud har en lav grad av høstskudd i forhold til de andre kontrollene. Begge har under 1 i gjennomsnittlig høstskuddgrad i 2016 og 2017. Stange Norske og Stange seintskytende har en høyere høstskuddgrad i 2016 og 2017 i forhold til de andre kontrollene, med en gjennomsnittlig høstskuddgrad på ca. 1,2 (Figur 9).



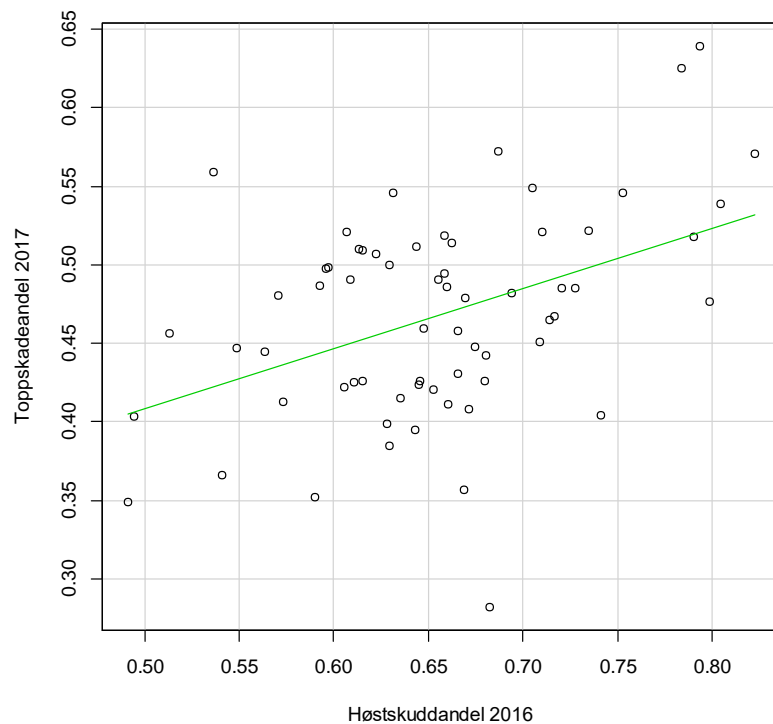
Figur 2. Variasjonen i gjennomsnittlig (+/- 2SE) høstskuddforekomst med forsøksfelt og år.

Tabell 4. Bonitering av forsøksfelt, henholdsvis Drammedal (1), Sauherad (2), Østre Toten (3) og Sigdal (4), etter Nord-Larsen, Meilby & Skovsgaard (2009) sin høydemodell.

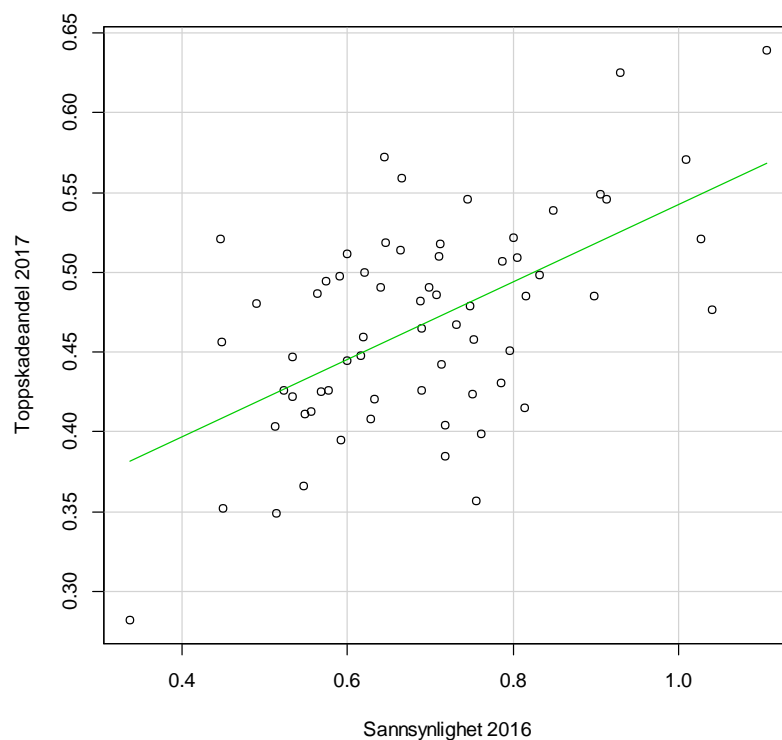
| Site_no | Gjennomsnittlig overhøyde (cm) | Bonitet (H <sub>40</sub> ) |
|---------|--------------------------------|----------------------------|
| 1       | 431                            | 25,1                       |
| 2       | 537                            | 28,0                       |
| 3       | 445                            | 25,5                       |
| 4       | 481                            | 26,5                       |

Tabell 5. Oversikt over forekomst av høstskudd og toppskader for de fire forsøksfeltene oppgitt i andel av total treantall.

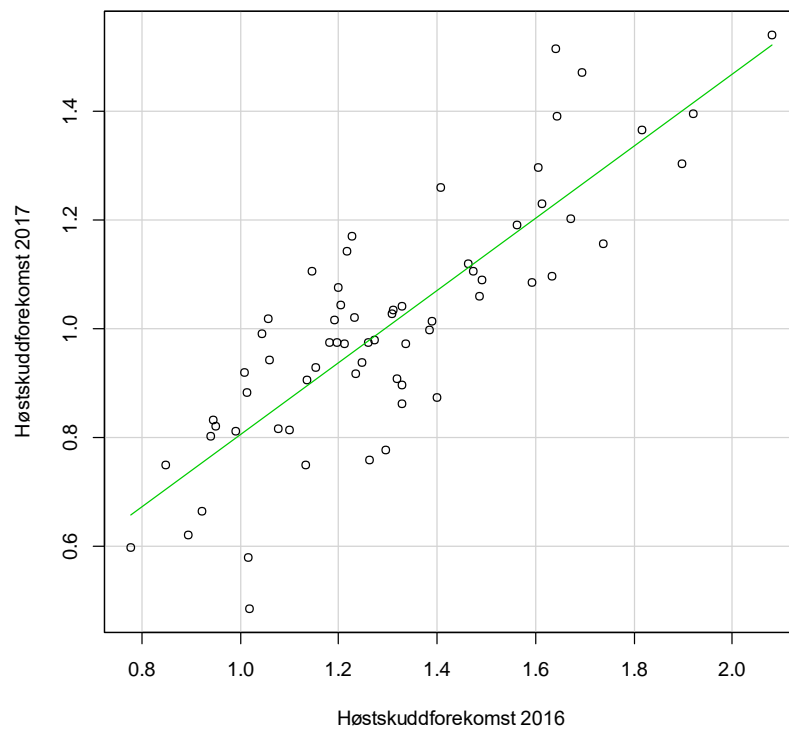
| Forekomst                                 | Andel |
|---|-------|
| Høstskuddandel 2016                       | 0,67  |
| Høstskuddandel 2017                       | 0,62  |
| Toppskadeandel 2017                       | 0,48  |
| TS17 HS16 *                               | 0,41  |
| TS17 uHS16 **                             | 0,07  |
| *Toppskade i 2017 med høstskudd i 2016.   |       |
| **Toppskade i 2017 uten høstskudd i 2016. |       |



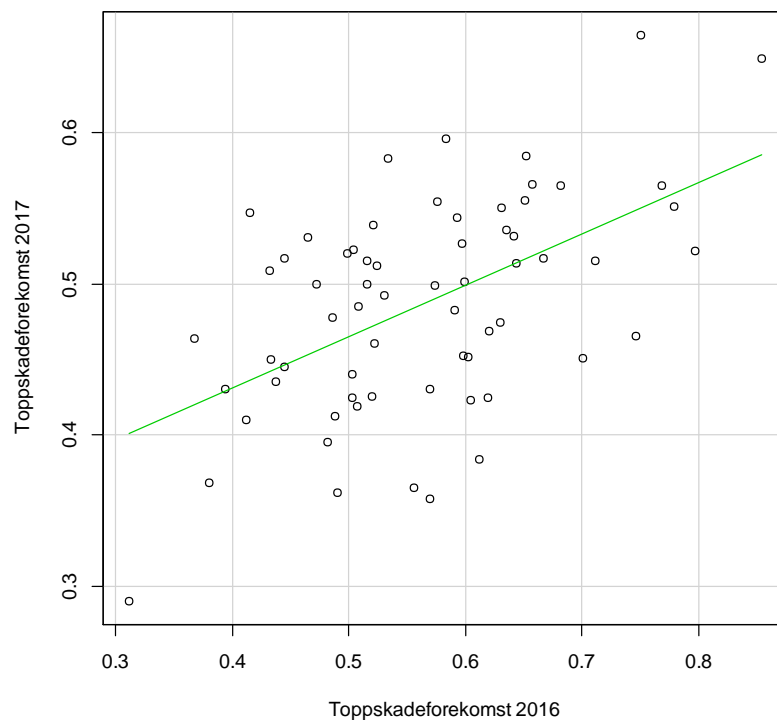
**Figur 3. Sammenhengen ( $r = 0,43$ ) mellom andelen høstskudd i 2016 og andelen toppskader i 2017 for familiene ( $p < 0,001$ ). Hvert punkt angir familiens gjennomsnitt beregnet på tvers av alle forsøksfeltene.**



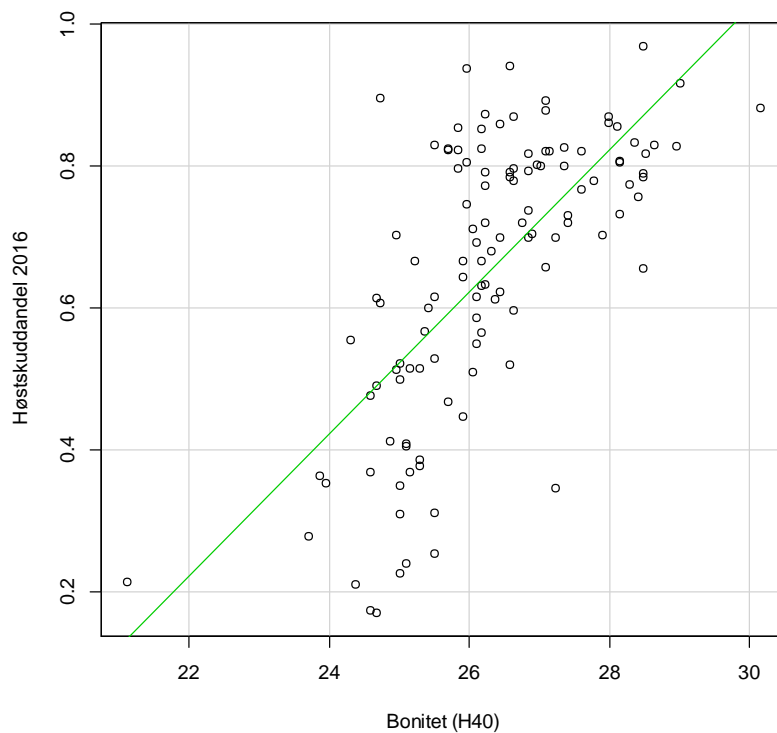
**Figur 4. Sammenhengen ( $r = 0,57$ ) mellom sannsynlighetsvurdering i 2016 for høstskuddskade i 2017 og toppskadeandel i 2017 for familiene ( $p < 0,001$ ). Hvert punkt angir familiens gjennomsnitt beregnet på tvers av alle forsøksfeltene.**



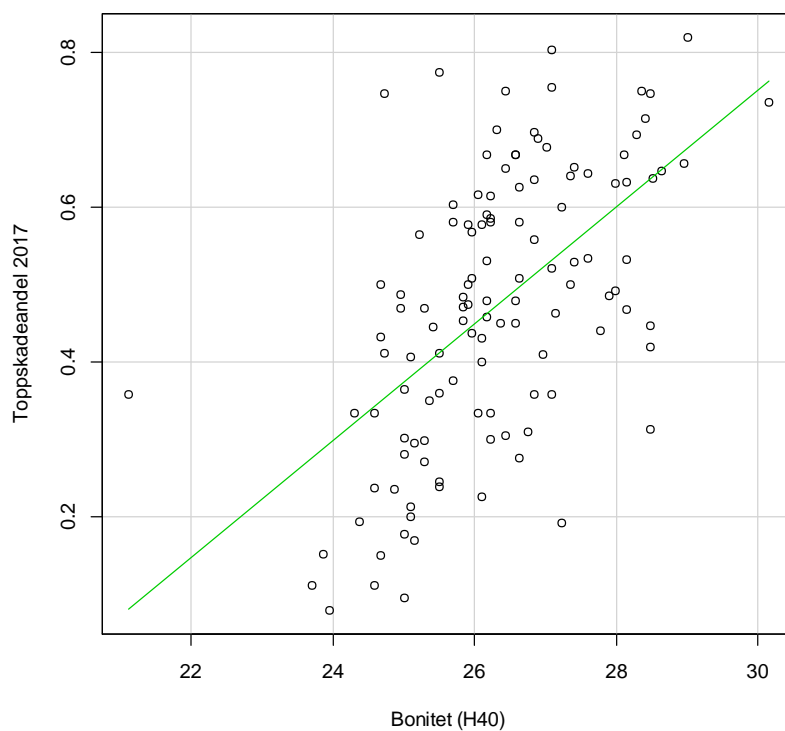
**Figur 5. Sammenhengen ( $r = 0,84$ ) mellom høstskuddgrad i 2016 og 2017 for familiene ( $p < 0,001$ ). Hvert punkt angir familiens gjennomsnitt beregnet på tvers av alle forsøksfeltene.**



**Figur 6. Sammenhengen ( $r = 0,53$ ) mellom toppskadeforekomsten i 2016 og 2017 for familiene ( $p < 0,001$ ). Hvert punkt angir familiens gjennomsnitt beregnet på tvers av alle forsøksfeltene.**

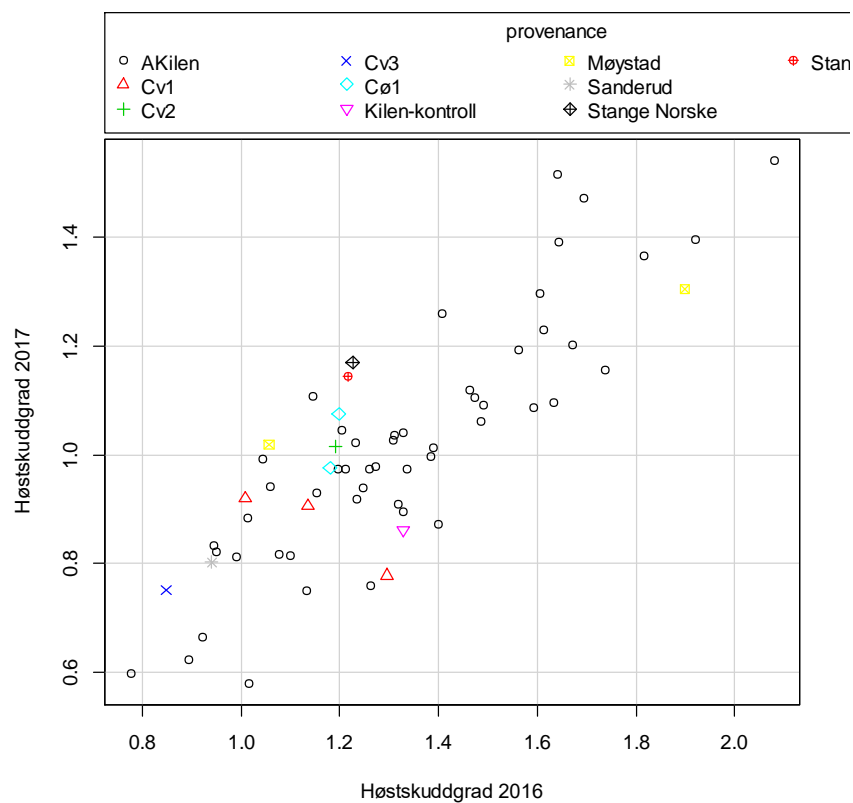


**Figur 7. Sammenhengen ( $r = 0,69$ ) mellom boniteten i blokkene (gjentakene) og andel høstskudd i 2016 ( $p < 0,001$ ). Hvert punkt angir blokkens gjennomsnittlige bonitet og andel høstskudd.**

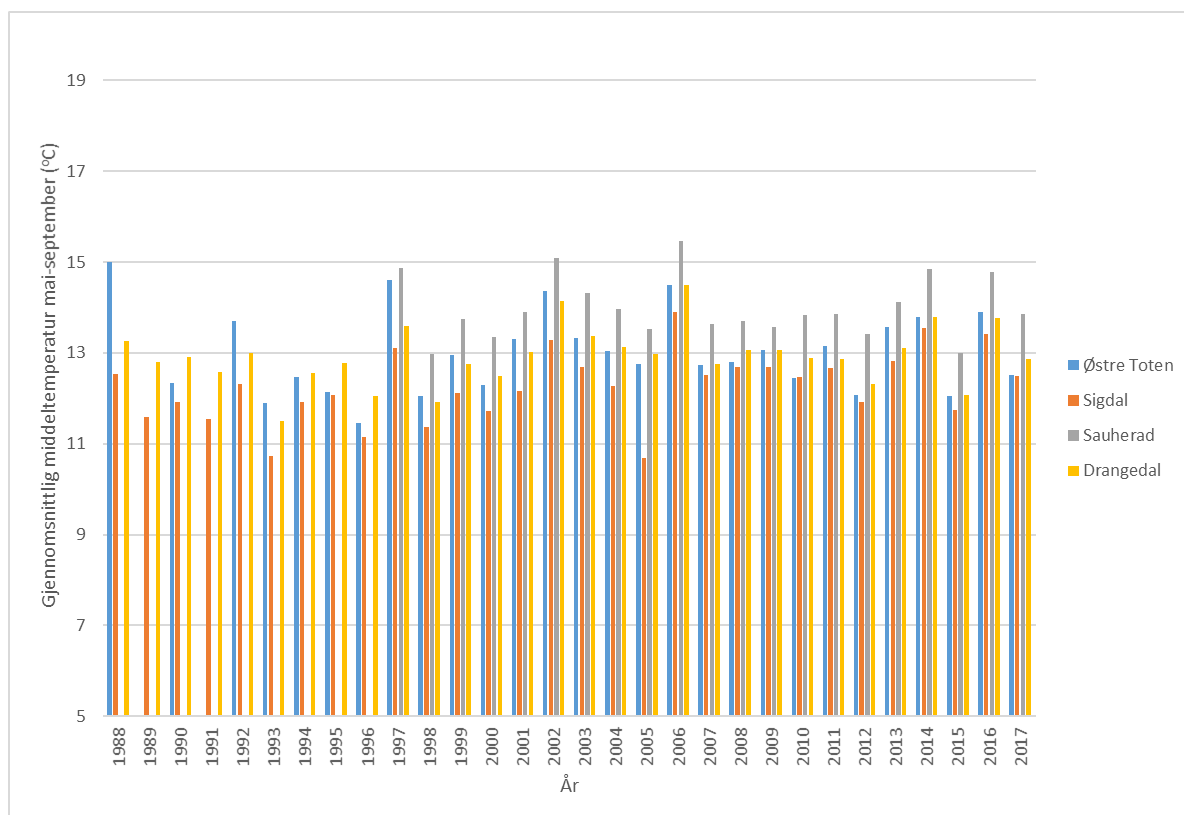


**Figur 8. Sammenhengen ( $r = 0,57$ ) mellom boniteten i blokkene (gjentakene) og andel toppskader i 2017 ( $p < 0,001$ ). Hvert punkt angir blokkens gjennomsnittlige bonitet og andel toppskader.**





Figur 9. Sammenhengen mellom høstskuddgrad i 2016 og 2017 for familiene og kontrollene.



Figur 10. Gjennomsnittlig middeltemperatur fra mai til september (1988-2017) for Østre Toten, Sigdal, Sauherad og Drangedal.

## 4. Diskusjon

### 4.1 Variasjon i vekstforhold og klimatisk variasjon

Det er en forskjell i den gjennomsnittlige andelen høstskudd mellom 2016 og 2017.

Høstskuddandelen var lavere i 2017 enn i 2016 i Østre Toten og Sigdal, men ikke i Drangedal og Sauherad. Gjennomsnittlig høstskuddandel varierer med år. Sauherad hadde den høyeste andelen av høstskudd, etterfulgt av Sigdal, Østre Toten, og til slutt Drangedal med den laveste andelen. Den gjennomsnittlige høstskuddandelen varierer med forsøksfelt. Boniteten på forsøksfeltene varierer i likhet med høstskuddandelen; Sauherad hadde den høyeste boniteten, etterfulgt av Sigdal, Østre Toten og Drangedal. Gjennomsnittlig høstskuddandel varierer også med interaksjonen mellom forsøksfelt og år. Effekten av forsøksfelt på gjennomsnittlig høstskuddforekomst avhenger av år.  $H_0$ -hypotesen om ingen forskjell i høstskuddandelen mellom forsøksfelt og år forkastes. Det er en sammenheng mellom bonitet og høstskuddandel i 2016. Det tyder på at høye boniteter oftere har høyere høstskuddandel enn lavere boniteter.

#### 4.1.1 Variasjon i klima

Jeg har sett på om 2016 og 2017 avviker fra middeltemperaturen den siste 30-årsperioden (1988-2017) for de fire forsøksfeltene. Dette ble gjort for å utelukke at 2016 og 2017 har ekstreme middeltemperaturverdier, for å sikre at høstskuddandelen og toppskadene er representative i forhold til andre år. Figur 10 viser at middeltemperaturen fra mai til september 2016 og 2017 ligger omtrent på samme nivå som de andre årene. 2017 har en noe lavere gjennomsnittlig middeltemperatur enn 2016, noe som samsvarer med årsvariasjonene i høstskuddforekomst i Østre Toten og Sigdal. En forskjell i høstskuddandelen mellom år gjør at det blir vanskeligere å konkludere med normalverdier når man kun har høstskudddata fra to år, men det viser at det er en forskjell mellom år og at klima kan ha en påvirkning på årsvariasjonene. Familienes høstskuddandel for 2016 er noe høyere enn i 2017 (Figur 5). Dette kan ha en sammenheng med klimaforskjellene disse årene.

#### 4.1.2 Variasjon i bonitet

Forskjellen i høstskuddandel mellom forsøksfeltene viser at det er en forskjell mellom ulike områder. Det kan tyde på at det er forskjeller i voksestedsegenskapene, som for eksempel bonitet. Det var en korrelasjon mellom bonitet og høstskuddandel i 2016 (Figur 7), som viser at det er en positiv lineær sammenheng mellom bonitet og høstskuddandel. Figur 8 viser at det også er en sammenheng mellom bonitet og toppskadeandelen i 2017. Allikevel er ikke sammenhengen helt komplett, så det tyder på at det kan være andre faktorer som også påvirker andelen høstskudd et år. Områder med høye boniteter har en høyere gjennomsnittlig andel høstskudd enn områder med lavere boniteter. Disse resultatene samsvarer med Skrøppa & Steffenrem (2017) som fant store forskjeller mellom år og mellom forsøkslokaliteter, og konkluderte med at det sannsynligvis skyldes variasjonen i klima og vekstforhold. Registreringer i Hedmark viste at høstskudd forekommer i større eller mindre grad på alle boniteter, men med klart høyest andel på de høyeste bonitetene (Skrøppa & Steffenrem, 2017). Utvalget i dette avkomforsøket omfatter ikke lavere boniteter, så det var ikke mulig å analysere forskjellen i høstskuddandel mellom høye og lave boniteter. Forsøksfeltene hadde boniteter mellom G25 og G28. Teoretisk kan disse resultatene om variasjon i bonitet overføres til at høstskuddandelen øker med økende bonitet på de høyere bonitetene.

Det kan være en utfordring å bonitere i ung skog. Derfor har jeg vurdert fire andre boniteringsmetoder i tillegg til Nord-Larsen (2009) sin høydemodell; høyde-alder-, intercept-, vegetasjons- og skjønnsbonitering. Ved høyde-aldersbonitering tas det utgangspunkt i bonitetskurver som angir overhøydens utvikling over brysthøydealder. Trærne i bestandet bør være minst 20 år i brysthøyde og ensaldrete. Trærne i dette avkomforsøket var 9 år gamle, ensaldrete, men ikke minst 20 år i brysthøyde. Interceptmetoden går ut på å måle lengden av 5 års høydetilvekst fra første kvistkrans over 2,5 meter over bakken. Krav til interceptmetoden er at det skal være minst 75 % av boniteringstreslaget, og trærne skal være under 30 år i brysthøyde. Trærne i avkomforsøket oppfyller begge disse kravene. I vegetasjonsbonitering registreres vegetasjonstype, høyde over havet, breddegrad, jorddybde og terrengform. Boniteringsfunksjonene gjelder for Sør- og Østlandet. Trærne i avkomforsøket oppfyller kravet til geografisk område. I skjønnsbonitering tar man utgangspunkt i veksterligheten til ungskogen, vegetasjonstype, jorddybde, sigevannsforhold, høyde over havet og bonitet i nabobestand (Eid & Moen, 1993). På grunn av manglende oppfylte krav til metode, kunne jeg

ikke benytte høyde-aldersbonitering som boniteringsmetode. Intercept-, vegetasjons- og skjønnsboniteringsmetoden hadde vært mulig å gjennomføre hvis jeg hadde gått gjennom forsøksfeltene på nytt. Dette ble for arbeidskrevende, så jeg anså de fire metodene som ikke mulig å gjennomføre i dette forsøket.

Utfordringen og variasjonen innad i bestandet gjør det vanskelig å bonitere i ung skog. Et år feil på alderen kan ofte gi store utslag i bonitetsverdien. Hvis man bruker de norske bonitetsfunksjonene som har brysthøydealder, vil det aritmetiske gjennomsnittet av brysthøydealderen til overhøydetrærne få en tilfeldig variasjon ifølge Harald Kvaalen (personlig kommunikasjon, 5. mars 2018). I Danmark og Sverige har det blitt utviklet nye høyde- og bonitetsmodeller som har totalalder som inngang (Nord-Larsen, Meilby, & Skovsgaard, 2009). Det er ikke funnet feil på disse modellene så lenge planteåret er kjent. I dette avkomforsøket var totalalderen kjent, altså alderen siden frøet spirte. I tillegg var det registrert høyde for alle trær på forsøksfeltene, og begge inngangsverdiene for Nord-Larsen sine høydemodeller og funksjon oppfylt, så dette var den best tilpassede modellen til bruk i unge granbestand (Harald Kvaalen, personlig kommunikasjon, 19. april 2018).

Gjennomsnittlig overhøyde for de fire forsøksfeltene er 4,7 meter og totalalder fra spirt frø er 9 år. I Tveite sitt H<sub>40</sub>-boniteringssystem tar det 9 år før grana har passert brysthøyde (1,3 meter) på bonitet G23 (1997). Dermed er trærne i avkomforsøket tre til fire ganger høyere enn i Tveite sine beregninger for G23. Det er viktig å benytte et boniteringsverktøy som gir en presis bonitet og som er anvendelig på unge grantrær. Hvorvidt den framtidige høydeutviklingen kommer til å samsvare med den danske høydemodellen er usikkert.

Høstskudd har vært registrert i avkom- og proveniensforsøk siden 1960-tallet. Tidligere har det sett ut som om høstskudd kun var utbredt på høy bonitet i lavlandet, gjerne på forsøk etablert på tidligere dyrket mark, men nå kan det se ut som om høstskudd øker både i omfang og utbredelse ifølge Søgaard et al. (2010). Skrøppa & Steffenrem (2017) fant også at høstskudd forekommer på alle boniteter, men i økende andel på høyere boniteter. Resultater

fra Avkomforsøk 200901 viser mye av det samme. Man finner en høyere andel høstskudd på høyere boniteter, men høstskuddandelen kan påvirkes av årsvariasjonene.

## 4.2 Sannsynlighet på enkelttre nivå

Det er en sammenheng mellom andelen høstskudd i 2016 og toppskadeandelen i 2017. Det tyder på at trærne på forsøksfeltene med høstskudd et år ofte får en toppskade neste år. For sammenhengen mellom høstskudd og toppskader forkastes  $H_0$ -hypotesen. Det kan være flere ulike årsaker til toppskader på gran, som beite, snøbrekk, frost, tørke og sopp. Uansett indikerer resultatene at sannsynligheten for toppskader et år øker hvis treet hadde høstskudd foregående år. Dette samsvarer med resultatene fra Kvaalen et al. (2010) i forsøk med bestand rundt Oslofjorden.

Det er en sammenheng mellom prediksjoner for toppskader i 2016 og andelen toppskader i 2017. Det kan tyde på at det er mulig å predikere toppskader basert på høstskudd foregående år.  $H_0$ -hypotesen om at det ikke er en sammenheng mellom prediksjoner for toppskader i 2016 og toppskader i 2017 forkastes. Korrelasjonskoeffisienten for sammenhengen mellom prediksjoner i 2016 og toppskadeandel i 2017 er høyere enn for sammenhengen mellom høstskuddandel i 2016 og toppskadeandel i 2017. Det kan forklares med at knoppsvelling og de laveste høstskuddgradene har falt innunder «Sannsynlighet for skade mindre en 50 % etter høstskudd» i sannsynlighetsbedømmingen i 2016. Ikke alle trærne med høstskudd i 2016 har fått toppskader i 2017. Det er heller ikke alle trærne med toppskader i 2017 som hadde høstskudd i 2016. Dermed kan en del av forklaringen til sammenhengen mellom høstskudd og toppskader være at det i hovedsak er de trærne med størst grad av høstskudd som får toppskader i form av gankvist eller dobbeltopp. Jeg har ikke undersøkt hvor høy høstskuddgraden må være for med stor sikkerhet å føre til toppskader påfølgende år, men dette kan være et interessant moment for senere studier.

For å minske problemet med høstskudd og toppskader kan det være aktuelt å gjennomføre tiltak for å redusere høstskuddandelen i et bestand. I prosjektet «Stammekvalitet i unge

bestand» (NIBIO, Glommen Skog & Skogfrøverket, 2016) ble det brukt ordinær ungskogpleie som tiltak for å redusere andelen trær med høstskudd. Det viste seg ikke å fungere, og vil kun gi en marginal reduksjon. Klipping av topper, for å sikre kun et toppskudd, var et annet tiltak som ble satt i gang i liten skala. Tiltaket fungerte, men kostnaden kom på samme nivå som for ungskogpleie. Effekten av klipping blir imidlertid redusert hvis man ser på Figur 5, hvor trær som hadde høstskudd et år hadde svært stor sannsynlighet for å danne høstskudd året etter. Trær som ikke hadde høstskudd det samme året, hadde liten sannsynlighet for å danne høstskudd neste år (Figur 5). Dermed ville det være mer hensiktsmessig å fjerne trærne som setter høstskudd ved ungskogpleie.

Et annet tiltak for å redusere høstskuddforekomsten i ulike bestand er «tilstrekkelig» planteantall. Planteantallet ved foryngelse bør beregnes slik at man har mulighet til å gjøre ungskogpleie for å gjøre utvalg et av framtidstrær uten høstskudd eller toppskader, og fortsatt ha et tilstrekkelig planteantall per dekar. Prosjektet «Stammekvalitet i unge bestand» hadde en gjennomsnittlig frekvens på 10-15 % trær med skader på grunn av høstskudd (NIBIO, Glommen Skog & Skogfrøverket, 2016).

41 % av alle trærne i dette avkomforsøket hadde en toppskade på grunn av høstskudd året før. Anbefalt planteantall for G26 på ikke markberedt mark er 250 planter per dekar (Mjøsen Skog, s.a.). Ved å skjære ned 40 % av trærne vil man sitte igjen med 150 planter per dekar. I tillegg kommer naturlig avgang på 0,4 % av treantallet, hvis man ikke regner med kalamiteter (Braastad, 1982). En nedregulering av treantallet vil som regel føre til lavere utnyttelse av voksestedets produksjonsevne (Braastad & Tveite, 2000). For å oppnå 250 planter per dekar i utgangstetthet etter en reduksjon i planteantallet på 40 % måtte man ha plantet mellom 410 og 420 planter per dekar. Dette vil gi en betydelig merkostnad ved etablering. Sett bort i fra dette, vil man med 150 trær per dekar som utgangstetthet kunne utsette eller gjøre en eventuell ulønnsom tidlig tynning unødvendig. For å sette igjen et lavt treantall som 150 trær per dekar bør ungskogpleien være relativt sent i hogstklasse 2, slik at ikke pionertreslag som bjørk tar over som hovedtreslag på grunn av den plutselig økte lystilgangen. Men i bestand med lav utgangstetthet er det viktig at man også setter igjen andre treslag for å utnytte arealets produksjonspotensiale (NIBIO, Glommen Skog & Skogfrøverket, 2016).

Det er viktig å se sammenhengen mellom ung og hogstmoden skog. Virkesskader som har oppstått i ung alder kan redusere verdien på den første sagstokken betraktelig. Andelen høstskudd øker med økende bonitet (Figur 7), og andelen toppskader øker med andelen høstskudd (Figur 3). I figur 8 ser man at andelen toppskader også øker med økende bonitet. Da vil det være nærliggende å tro at andelen virkesskader også vil øke på bedre boniteter. I Ringsaker i Hedmark ble det funnet en eller flere skader i form av gankvist og krok på opp mot halvparten av trærne i forsøket (Granhus & Øyen, 2009). Trærne var 40-45 år ved skaderegistreringene, og forsøksfeltene hadde høy bonitet. Skader som gankvist og krok på potensielle sagtømmerkvaliteter kan redusere verdien betraktelig.

I mars 2018 var sagtømmerprisen for gran på 495 kroner per kubikkmeter, mens massevirkeprisen var på 274 kroner per kubikkmeter (Landbruksdirektoratet, 2018). Når man ser på sagtømmerandel mot massevirkeandel vil en større andel massevirke enn forventet av totalt antall kubikkmeter kunne påvirke sluttsummen etter en tømmerdrift negativt. Tømmerinntektene vil være lavere enn forventet, men driftskostnadene vil være like høye. Rask omløpstid for skog på god bonitet vil kunne veie opp for noen av de tapte kostnadene. Men uansett tilsier resultatene i dette avkomforsøket at med tanke på andelen virkesskader vil fordelene med skog på høye boniteter avta med høyere bonitet. Det vil være interessant å undersøke om rask omløpstid og høy volumproduksjon på høy bonitet kan veie opp for lavere tømmerkvalitet med virkesskader på grunn av høstskudd. Dette vil avhenge av hva fremtidens tømmermarked ønsker som råstoff.

Et tre som har høstskudd et år har stor sannsynlighet for å få en toppskade neste år, men ikke alle trærne med høstskudd i 2016 fikk toppskader i 2017. Det var en sterkere sammenheng mellom prediksjoner for toppskader i 2016 og toppskader i 2017 enn for sammenhengen mellom høstskudd i 2016 og toppskader i 2017. Det kan indikere at det kun er trær med høy høstskuddgrad som får toppskader påfølgende år. Det kan være aktuelt å redusere høstskuddandelen på bestandsnivå for å redusere andelen virkesskader på eldre skog på høy bonitet. Det kan gjøres i form av bestandsregulerende tiltak som ungskogpleie, klipping av topper, og tilstrekkelig planteantall. Av disse tiltakene antas det at et tilstrekkelig høyt

planteantall kan være oppnåelig for å redusere andelen høstskudd på bestandsnivå. Tiltaket fører med seg en relativt høy etableringskostnad og ungsogpleiekostnad.

### 4.3 Genetisk variasjon

Drangedal, Sauherad og Sigdal ligger innenfor Cv1 sitt bruksområde, slik at Cv1 er områdets bestandsfrøkontroll. Kapp ligger lenger nord og har Bv som bestandsfrøkontroll. Denne var imidlertid ikke inkludert i materialet. Frøplantasjen som er mest brukt i lavereliggende Bv er Sanderud.

Kontrollen Kilen er en blanding av alle familiene og ligger også som forventet relativt midt i «skyen» av familiene (Figur 9). Det er ingen praktisk forskjell mellom Kilen og bestandsfrøkontrollen Cv1. Frøplantasjefrø gir ikke mer høstskudd enn bestandsfrø.

Kontrollene Cv2, Cø1 og Stange norske hadde en høyere andel høstskudd enn Cv1 og Kilen. Sanderud og Cv3 er tilpasset et kaldere klima enn de andre kontrollene. Disse hadde en lavere andel høstskudd enn de andre kontrollene, noe som samsvarer med resultatene fra rapporten til Skrøppa og Steffenrem (2017). Kontrollen Stange seintskyttende hadde en relativt høy høstskuddandel i forhold til de andre kontrollene. Dette motsier hypotesen om at man kan bruke sorter fra familier med sein vekststart for å få en lavere skadeandel på trærne i bestandet (Skrøppa, s.a.).

Ser man utelukkende på kvalitetsproduksjon med foredlet plantemateriale med tanke på virkesskader, vil det være hensiktsmessig å velge Cv3 eller Sanderud som utplantingssort basert på resultatene i dette avkomforsøket. I tillegg kommer faktorer som hurtighet ved etablering, veksthastighet, volumproduksjon og omløpstid når man vurderer plantemateriale.

Skogen i Norge vil bli påvirket av klimaendringene. I første omgang vil dette gjelde en økt produksjonsevne på voksestedet og en større utbredelse enn det den er i dag for gran (Solberg, Skrøppa & Finne, 2013). Men klimaendringene kan også føre til endringer i skadebildet i skogen, og en eventuell nedgang i produksjonsevnen på grunn av tørkeproblemer (Søgaard et



al., 2017). En økt produksjonsevne vil si en generell bonitetsoppjustering for mange skogbestand i Norge. Høye boniteter fører med seg en økt høstskuddandel (Figur 7), som også gir en økt toppskadeandel (Figur 8). På bakgrunn av kunnskapen om sammenhengen mellom høstskudd og toppskader (Figur 3) kan klimaendringene potensielt sett både føre til en nedgang i produksjonsevnen på grunn av tørkeproblemer og en nedgang i kvaliteten på tømmeret på god bonitet i skogen. For å opprettholde en lav skadeandel på gran er det viktig å være klar over endringene i dynamikken og utviklingen i skogen som kommer av klimaendringene.

Et tiltak mot en voksende andel toppskader i skogen på grunn av klimaendringene er å bruke foredlet plantemateriale som er spesielt utvalgt med hensyn på dette. Bruk av plantemateriale som er tilpasset andre vekstvilkår, som for eksempel sorter som har senere vekststart på våren, kan gi en lavere andel skadde trær og bedre høydetilvekst (Skrøppa, s.a.). Mange arter klarer ikke å tilpasse seg det nye klimaet like fort som det endrer seg (Miljødirektoratet, 2015). Derfor er det viktig at Skogfrøverket fortsetter å foredle plantemateriale, slik at man gjør utvalget bedre for egenskaper som høy volumproduksjon, rask etablering, kort omløpstid, og ikke minst bedre kvalitet. Med kvalitet menes blant andre skadeandelen på tømmeret, og som i stor grad kommer av høstskudd på gode boniteter.

Man kan redusere høstskuddandelen i et bestand på flere måter. Dette kan gjøres ved valg av egnet plantemateriale ved etablering av bestand, enten ved å bruke foredlet plantemateriale fra frøplantasjer eller frø fra andre provenienser. Noen familier danner en lavere andel høstskudd enn andre familier, og danner dermed færre toppskader på grunn av høstskudd. Resultatene fra dette avkomforsøket indikerer at man til en viss grad kan redusere forekomsten av høstskudd ved å velge en annen proveniens enn det som er anbefalt for disse arealene. Men størst effekt vil det nok ha å etablere nye frøplantasjer med de familiene som gir færrest høstskudd og toppskader.

## 4.5 Feilkilder

Antall trær som kan brukes i analysene er færre enn antall ruter i rutenettet på hvert forsøksfelt. På hver av de fire forsøksfeltene var det 2400 tilgjengelige planteplasser. I hver blokk var det 80 tilgjengelige planteplasser, men kun 72 ulike sorter å plante ut. Det vil si at 240 av 2400 planteplasser var tomme, og disse var tilfeldig plassert i forsøksfeltene. Noen av trærne døde tidlig på grunn av ulike årsaker. En del av disse ble erstattet ved suppleringsplanting i 2011. Men disse trærne ble ikke tatt med i analysen på grunn av aldersforskjellen mellom dem og de opprinnelige plantene fra 2009. Planter som døde etter 2011 ble ikke erstattet med suppleringsplanting. Døde planter blir heller ikke ført opp i registreringsskjemaet, og fører til tomme plasser og et redusert antall trær for de ulike sortene. Suppleringsplantingen ble gjort for å opprettholde like forhold for alle trærne under hele forsøket. Andelen trær som har måtte blitt erstattet av nye planter utgjør om lag 200 av 2000 planter i Sauherad. Dette er en betydelig andel, men at en del av trærne i skogbestand dør er naturlig. Som naturlig avgang menes trær som dør av blant andre konkurranse, beiteskader, vindskader, snøbrekk, sopp, insekter, tørking, råtning (Braastad, 1982).

Under innsamlingen av datamateriale besto gruppa av seks personer. Alle fikk den samme opplæringen om hva som skulle registreres og hvordan, slik at det ble gjort så riktig og likt som mulig for hvert enkelt tre. Registreringene ble utført av to personer i et «lag». Sammensetningen i lagene ble byttet på, slik at de individuelle ujevnheter ble jevnet ut.

Det ble registrert skadetype som «ukjent skade» på et betydelig antall trær under registreringene. Det var grunn til å tro at mange av de «ukjente» skadene er klimaskader som er forbundet med dårlig innvintring. På en stor andel av trærne ble det observert at toppknoppen hadde tørket inn i 2013 og 2016, antagelig på grunn av frost. Denne skadetypen kommer i samme kategori som synlige skader etter høstskudd, nemlig klimaskader (Ragnar Johnskås, personlig kommunikasjon, 14. november 2017).

## 5. Konklusjon

Trær med høstskudd har en økt sannsynlighet for å få en toppskade som fører til gankvist eller dobbeltopp neste år. Dette forsøket viser at det er mulig å predikere om et tre som etablerer høstskudd får en toppskade neste år. Resultatene i dette forsøket har vist at andelen høstskudd og andelen toppskader øker med økende bonitet på høye boniteter. Det ble dannet høstskudd på en høyere andel av trærne i 2016 enn i 2017. Det kan henge sammen med at middeltemperaturen i vekstsesongen var høyere i 2016. Klima henger sammen med forholdene på vokseplassen. Basert på resultatene i dette forsøket som viser at høstskudd og toppskader forekommer hyppigere etter varme somre, og den tette sammenhengen med bonitet, diskuteres det om endringer mot et varmere klima vil føre til en økt fare for virkesfeil i framtidens sagtømmer forårsaket av toppskader. Sortene i dette avkomforsøket besto av familier og kontroller sanket i skogbestand og frøplantasjer. Blant familiene var det en sammenheng mellom forekomst av høstskudd i 2016 og 2017. Familiene med mye høstskudd hadde også en høy andel toppskader begge år. Bestandsfrø og frøplantasjefrø ga i dette forsøket like høy grad av høstskudd. Frøplantasjer med et mer nordlig bruksområde, samt provenienser fra høyereliggende høydelag hadde en lavere høstskuddgrad enn bestandsfrøene. Den seintskyttende kontrollen i forsøket ga en høyere grad av høstskudd enn bestandsfrøkontrollen.

For å redusere andelen høstskudd kan man gjennomføre tiltak. Ordinær ungskogpleie og klipping av topper reduserer ikke andelen høstskudd. Tilstrekkelig planteantall ut i fra utvalgseffekt kan være et fungerende tiltak, men det krever planlegging og høye skogkulturkostnader. Sammenhengen mellom ung og hogstmoden skog er viktig. Faktorer som bonitet, klima og vekstforløp kan påvirke andelen høstskudd. Planteforedling med bruk av familier med en lav andel høstskudd og toppskader vil mest sannsynlig ha størst effekt for en reduksjon av andelen høstskudd i granskog på høy bonitet. For å skaffe et sikkert svar på hva som kan redusere høstskuddandelen kreves det mer forskning rundt påvirkningen av høstskudd i ung granskog, og hva som blir resultatet i form av virkesskader i eldre skog.

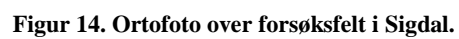
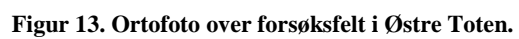
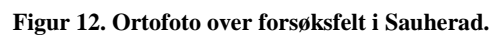
## 6. Referanser

- Aarnes, H. (2014). *Gran*. UiO: Institutt for biovitenskap. Lokalisert på <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/botanikk/gran.html>
- Braastad, H. (1982). *Naturlig avgang i granbestand*. (Norsk Institutt for Skogforskning, Rapport 12, 1982). Ås: Norsk Institutt for Bioøkonomi.
- Braastad, H. & Tveite, B. (2000). *Ungskogpleie i granbestand. Effekten på tilvekst, diameterfordeling, kronehøyde og kvisttykkelse*. (Norsk institutt for skogforskning Rapport 11, 2000).
- Cieszewski, C. J. (2001). Three methods of deriving advanced dynamic site equations demonstrated on inland Douglas-fir site curves. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(1), 165-173. Lokalisert på <https://doi.org/10.1139/x00-132>
- Eid, T. & Moen, P. A. (1993). *Bonitering i unge skogbestand*. (Norsk institutt for skogforskning Rapport 15, 1993). Ås: Norsk institutt for skogforskning.
- Esri. (s.a.). ArcGIS: *ArcMap 10.5*.
- Granhus, A. & Øyen, B.-H. (2009). *Vekst, produksjon og klimarelaterte skader i fem proveniensforsøk med gran (Picea abies L. Karst) på Østlandet*. (Forskning fra Skog og landskap Rapport 5, 2009). Ås: Norsk institutt for skog og landskap.
- Hårbøl, K., Schack, J. & Spang-Hanssen, H. (1999). *Proleptisk*. Den store danske. Lokalisert på <http://denstoredanske.dk/index.php?sideId=145718>
- Kvaalen, H., Sjøgaard, G., Granhus, A., Fløistad, I. S., Hansen, K. H., Steffenrem, A. & Skrøppa, T. (2010). Høstskudd og toppskader – et omfattende problem på god mark i lavlandet. *Skogeieren*, 10(10), 18-19.
- Landbruksdirektoratet. (2018). *Tømmeravvirkning og -priser*. Lokalisert 24.04.18 på <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/statistikk/skogbruk/tommeravvirkning>
- Meteorologisk institutt. (2017). *Klima siste 150 år*. Lokalisert 18.04.18 på <https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar>
- Microsoft Office. (2016). *Excel 2016*. Windows.

- Miljødirektoratet. (2015). *Klimaendringer og naturmangfold*. Lokalisert på <http://www.miljostatus.no/tema/klima/konsekvenser-av-klimaendringer/effekter-pa-naturmangfoldet/>
- Mjøsen Skog. (s.a.). *Skogplanter og planting – sikrer et langsiktig og bærekraftig skogbruk*. Lokalisert på [https://mjosensskog.custompublish.com/getfile.php/1241244.1260.vecvffart/PLANTI NG\\_temaark.pdf](https://mjosensskog.custompublish.com/getfile.php/1241244.1260.vecvffart/PLANTI NG_temaark.pdf)
- Neimane, U., Zadina, M., Sisenis, L., Dzerina, B. & Pobiarzens, A. (2015). Influence of lammas shoots on productivity of Norway spruce in Latvia. *Agronomy Research*, 13(2), 354-360. Lokalisert på [https://www.researchgate.net/publication/281734933\\_Influence\\_of\\_lammas\\_shoots\\_on\\_productivity\\_of\\_Norway\\_spruce\\_in\\_Latvia](https://www.researchgate.net/publication/281734933_Influence_of_lammas_shoots_on_productivity_of_Norway_spruce_in_Latvia)
- NIBIO, Glommen Skog og Skogfrøverket. (2016). *Sluttrapport for prosjektet «Toppskader og stammekvalitet i unge granbestand: utbredelse, genetikk og skogskjøtsel»*. Skogbrukets Verdiskapingsfond. Lokalisert på <http://verdiskapingsfondet.no/prosjekter/stammekvalitet-unge-bestand/>
- Nord-Larsen, T., Meilby, H. & Skovsgaard, J. P. (2009). Site-specific height growth models for six common tree species in Denmark. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24(3), 194-204. Lokalisert på <https://doi.org/10.1080/02827580902795036>
- Norsk Treteknisk Institutt. (s.a.). *Sagtømmerandel i massevirke*. Lokalisert på <http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/fokus-pa-tre/Fokus-nr-1.pdf>
- Norsk Virkesmåling. (2015a). *B2 Målereglement massevirke*. Lokalisert på <http://www.m3n.no/aktuelt/reglement/>
- Norsk Virkesmåling. (2015b). *B1 Målereglement sagtømmer*. Lokalisert på <http://www.m3n.no/aktuelt/reglement/>
- R Development Core Team. (2016). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org>
- Skog og landskap. (s.a.). *Hva er bonitet?* Lokalisert 09.04.18 på [http://www.skogoglandskap.no/faq/bonitet/default\\_view](http://www.skogoglandskap.no/faq/bonitet/default_view)

- Skogfrøverket. (2018). *Frøplantasje nr. 1107 Kilen*. Lokalisert på [http://www.skogfroverket.no/userfiles/files/Fr%C3%B8plantasjeveiledning/Fr%C3%B8kildebeskrivelser\\_april2018/1107\\_Kilen.pdf](http://www.skogfroverket.no/userfiles/files/Fr%C3%B8plantasjeveiledning/Fr%C3%B8kildebeskrivelser_april2018/1107_Kilen.pdf)
- Skrøppa, T. (s.a.). "Rett plante på rett plass - hva er best, lokalt eller tilflyttet?" *Kunnskapsgrunnlaget for anbefalinger av plantemateriale til norsk granskog*. Lokalisert 01.03.17 på [http://www.skogoglandskap.no/filearchive/7\\_tore\\_skrøppa\\_skog\\_og\\_landskap.pdf](http://www.skogoglandskap.no/filearchive/7_tore_skrøppa_skog_og_landskap.pdf)
- Skrøppa, T. & Steffenrem, A. (2015). Selection in a provenance trial of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) produced a land race with desirable properties. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31(5), 439-449. Lokalisert på <https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1081983>
- Skrøppa, T. & Steffenrem, A. (2017). *Høstskudd og toppskader i genetiske forsøk med gran; variasjon og sammenhenger med vekst og vekstrytme*. Norsk Institutt for Bioøkonomi (NIBIO, Rapport 3, 2017). Lokalisert på <http://hdl.handle.net/11250/2434694>
- Solberg, S., Skrøppa, T. & Finne, E. (2013). *Med nye treslag inn i fremtidens klima. Gran og klimaendringer - mer m3, større områder og mer skader*. Lokalisert 29.01.17 på [http://www.skogoglandskap.no/publikasjon/med\\_nye\\_treslag\\_inn\\_i\\_fremtidens\\_klima\\_gran\\_og\\_klimaendringer\\_mer\\_m3\\_storre\\_omrader\\_og\\_mer\\_skader/publication\\_view](http://www.skogoglandskap.no/publikasjon/med_nye_treslag_inn_i_fremtidens_klima_gran_og_klimaendringer_mer_m3_storre_omrader_og_mer_skader/publication_view)
- Søgaard, G., Astrup, R., Allen, M., Andreassen, K., Bergseng, E., Fløistad, I. S. ... Økland, B. (2017). *Skogbehandling for verdiproduksjon i et klima i endring*. Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO Rapport 3, 2017). Lokalisert på <http://hdl.handle.net/11250/2451870>
- Søgaard, G., Kvaalen, H., Granhus, A., Fløistad, I.S., Hanssen, K.H., Steffenrem, A. & Skrøppa, T. (2010). *Høstskudd i gran - en fremtidig utfordring?* Norsk Institutt for Bioøkonomi (Glimt fra Skog og landskap Rapport 10, 2010). Lokalisert på <http://hdl.handle.net/11250/2469375>
- Tveite, B. (1997). *Bonitetskurver for gran*. (Norsk Institutt for Skogforskning Rapport 33, 1997). Ås: Norsk Institutt for Skogforskning).

## Vedlegg 1. Ortofoto over forsøksfeltene





## Vedlegg 2. Sortsliste

| Sort_nr | Frøplantasje | Klon | Kommune   | H-o.h | Antall planter i forsøk |       |       |       |       | Sum(antall) |
|---------|--------------|------|-----------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------|
|         |              |      |           |       | Felt1_Demo              | Felt1 | Felt2 | Felt3 | Felt4 |             |
| 1       | Kilen        | 39   | SILJAN    | 110   | 0                       | 32    | 37    | 31    | 32    | 132         |
| 2       | Kilen        | 42   | SILJAN    | 50    | 0                       | 32    | 35    | 31    | 34    | 132         |
| 3       | Kilen        | 43   | SILJAN    | 50    | 18                      | 32    | 36    | 34    | 34    | 154         |
| 4       | Kilen        | 49   | ANDEBU    | 170   | 0                       | 29    | 30    | 30    | 30    | 119         |
| 5       | Kilen        | 1167 | SKIEN     | 40    | 0                       | 32    | 35    | 30    | 33    | 130         |
| 7       | Kilen        | 1168 | SKIEN     | 40    | 0                       | 34    | 34    | 30    | 33    | 131         |
| 8       | Kilen        | 1317 | SKIEN     | 60    | 0                       | 33    | 37    | 27    | 33    | 130         |
| 9       | Kilen        | 1319 | SKIEN     | 25    | 0                       | 35    | 34    | 30    | 32    | 131         |
| 10      | Kilen        | 1355 | SELJORD   | 120   | 0                       | 32    | 36    | 30    | 33    | 131         |
| 11      | Kilen        | 1368 | SELJORD   | 120   | 0                       | 33    | 35    | 30    | 32    | 130         |
| 12      | Kilen        | 1590 | KVITESEID | 150   | 0                       | 37    | 35    | 30    | 32    | 134         |
| 13      | Kilen        | 1592 | KVITESEID | 150   | 0                       | 32    | 36    | 29    | 33    | 130         |
| 14      | Kilen        | 1593 | KVITESEID | 150   | 20                      | 34    | 34    | 30    | 31    | 149         |
| 15      | Kilen        | 2016 | SKIEN     | 50    | 0                       | 37    | 32    | 28    | 30    | 127         |
| 16      | Kilen        | 2017 | SKIEN     | 50    | 0                       | 34    | 35    | 30    | 34    | 133         |
| 17      | Kilen        | 2018 | SKIEN     | 50    | 0                       | 44    | 34    | 29    | 32    | 139         |
| 18      | Kilen        | 2019 | SKIEN     | 50    | 0                       | 35    | 33    | 30    | 32    | 130         |
| 20      | Kilen        | 2021 | SKIEN     | 40    | 0                       | 35    | 33    | 30    | 33    | 131         |
| 21      | Kilen        | 2022 | SKIEN     | 70    | 0                       | 33    | 35    | 29    | 33    | 130         |
| 23      | Kilen        | 2024 | SKIEN     | 70    | 20                      | 35    | 33    | 30    | 33    | 151         |
| 24      | Kilen        | 2025 | SKIEN     | 70    | 20                      | 34    | 33    | 30    | 30    | 147         |
| 25      | Kilen        | 2026 | SKIEN     | 70    | 20                      | 32    | 32    | 30    | 30    | 144         |
| 26      | Kilen        | 2027 | SKIEN     | 70    | 16                      | 35    | 37    | 32    | 32    | 152         |
| 27      | Kilen        | 2028 | SKIEN     | 70    | 20                      | 35    | 33    | 31    | 30    | 149         |
| 29      | Kilen        | 2060 | KRAGERØ   | 60    | 0                       | 36    | 35    | 32    | 33    | 136         |
| 30      | Kilen        | 2061 | KRAGERØ   | 60    | 0                       | 45    | 35    | 31    | 31    | 142         |
| 31      | Kilen        | 2062 | KRAGERØ   | 50    | 0                       | 35    | 34    | 31    | 31    | 131         |
| 32      | Kilen        | 2076 | KVITESEID | 80    | 0                       | 38    | 35    | 30    | 31    | 134         |
| 34      | Kilen        | 2079 | KVITESEID | 80    | 0                       | 36    | 32    | 31    | 32    | 131         |
| 35      | Kilen        | 2081 | BØ        | 140   | 0                       | 39    | 32    | 30    | 31    | 132         |
| 36      | Kilen        | 2082 | BØ        | 140   | 0                       | 36    | 31    | 30    | 31    | 128         |
| 37      | Kilen        | 2083 | BØ        | 140   | 19                      | 40    | 32    | 31    | 32    | 154         |
| 38      | Kilen        | 2084 | DRANGEDAL | 125   | 0                       | 0     | 0     | 18    | 0     | 18          |
| 39      | Kilen        | 2086 | DRANGEDAL | 125   | 19                      | 34    | 31    | 30    | 32    | 146         |
| 40      | Kilen        | 2088 | NOME      | 125   | 0                       | 41    | 30    | 30    | 30    | 131         |
| 41      | Kilen        | 2251 | NOME      | 140   | 19                      | 34    | 32    | 30    | 34    | 149         |
| 42      | Kilen        | 2252 | NOME      | 140   | 0                       | 37    | 34    | 30    | 32    | 133         |
| 43      | Kilen        | 2254 | SKIEN     | 80    | 0                       | 40    | 32    | 30    | 33    | 135         |
| 44      | Kilen        | 2255 | SKIEN     | 80    | 0                       | 37    | 35    | 30    | 34    | 136         |
| 45      | Kilen        | 2256 | SKIEN     | 80    | 0                       | 34    | 34    | 30    | 32    | 130         |
| 46      | Kilen        | 2257 | SKIEN     | 80    | 0                       | 14    | 0     | 30    | 30    | 74          |
| 47      | Kilen        | 2258 | SKIEN     | 80    | 0                       | 33    | 36    | 31    | 32    | 132         |



|     |                                |      |                        |     |     |      |      |      |      |      |
|-----|--------------------------------|------|------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 48  | Kilen                          | 2259 | NOTODDEN               | 50  | 0   | 36   | 34   | 31   | 32   | 133  |
| 49  | Kilen                          | 2456 | KVITSEID               | 150 | 0   | 34   | 35   | 30   | 32   | 131  |
| 50  | Kilen                          | 2457 | KVITSEID               | 150 | 20  | 34   | 36   | 30   | 33   | 153  |
| 51  | Kilen                          | 2458 | KVITSEID               | 150 | 20  | 32   | 37   | 30   | 32   | 151  |
| 52  | Kilen                          | 5102 | SAUHERAD               | 40  | 0   | 32   | 36   | 31   | 31   | 130  |
| 53  | Kilen                          | 5103 | SAUHERAD               | 40  | 0   | 33   | 34   | 30   | 33   | 130  |
| 54  | Kilen                          | 5104 | SAUHERAD               | 40  | 20  | 35   | 35   | 30   | 32   | 152  |
| 55  | Kilen                          | 5680 | SAUHERAD               | 40  | 0   | 37   | 36   | 30   | 33   | 136  |
| 56  | Kilen                          | 6505 | SILJAN                 | 125 | 20  | 33   | 34   | 30   | 33   | 150  |
| 60  | Kilen                          | 6762 | SILJAN                 | 150 | 20  | 33   | 36   | 30   | 33   | 152  |
| 61  | Kilen                          | 7273 | SKIEN                  | 110 | 20  | 34   | 35   | 29   | 32   | 150  |
| 71  | Møystad                        | 710  | LILLESAND              | 120 | 20  | 33   | 34   | 30   | 33   | 150  |
| 72  | Møystad                        | 2080 | BØ                     | 140 | 0   | 0    | 0    | 29   | 14   | 43   |
| 73  | Møystad                        | 6251 | VALLE                  | 310 | 0   | 4    | 0    | 30   | 30   | 64   |
| 74  | Møystad                        | 6274 | TOKKE                  | 150 | 0   | 0    | 0    | 23   | 0    | 23   |
| 75  | Møystad                        | 6275 | SKIEN                  | 125 | 0   | 0    | 0    | 30   | 11   | 41   |
| 76  | Møystad                        | 6276 | SKIEN                  | 80  | 0   | 0    | 0    | 26   | 0    | 26   |
| 77  | Møystad                        | 7280 | SKIEN                  | 300 | 0   | 0    | 0    | 18   | 0    | 18   |
| 78  | Møystad                        | 7284 | SKIEN                  | 280 | 0   | 30   | 25   | 29   | 30   | 114  |
|     |                                |      |                        |     |     |      |      |      |      |      |
|     | <b>Kontroller (Frøpartier)</b> |      |                        |     |     |      |      |      |      |      |
| 422 | <b>F07-022</b>                 |      | Kilen                  |     | 20  | 31   | 35   | 29   | 32   | 147  |
| 426 | <b>F07-026</b>                 |      | Cv1                    |     | 20  | 32   | 32   | 31   | 32   | 147  |
| 437 | <b>F06-037</b>                 |      | Sanderud               |     | 20  | 30   | 34   | 30   | 34   | 148  |
| 438 | <b>F06-038</b>                 |      | Stange<br>sentskytende |     | 20  | 32   | 34   | 30   | 32   | 148  |
| 439 | <b>F06-039</b>                 |      | Huse / Stange          |     | 20  | 29   | 32   | 31   | 34   | 146  |
| 440 | <b>F07-040</b>                 |      | Cv3                    |     | 20  | 31   | 32   | 30   | 32   | 145  |
| 441 | <b>F07-041</b>                 |      | Cv2                    |     | 0   | 31   | 32   | 30   | 33   | 126  |
| 458 | <b>F07-058</b>                 |      | Cø1                    |     | 20  | 33   | 31   | 30   | 34   | 148  |
| 459 | <b>F07-059</b>                 |      | Cø1                    |     | 0   | 37   | 32   | 30   | 33   | 132  |
| 467 | <b>F07-067</b>                 |      | Cv1                    |     | 20  | 31   | 32   | 30   | 33   | 146  |
| 471 | <b>F07-071</b>                 |      | Cv1                    |     | 20  | 31   | 33   | 36   | 32   | 152  |
|     |                                |      |                        |     | 511 | 2213 | 2160 | 2139 | 2147 | 9170 |
| 777 | <b>Supplert plante i 2010</b>  |      |                        |     |     |      |      |      |      |      |
| 888 | <b>Tom plante plass</b>        |      |                        |     |     |      |      |      |      |      |
| 999 | <b>Ukjent plante</b>           |      |                        |     |     |      |      |      |      |      |